Landesanstalt für Umwelt, Messungen und
Naturschutz Baden-Württemberg

# Eignungsprüfung des Gaschromatographen GC 5000 BTX (FID) für Benzol Fa. AMA Instruments

LUBW-Berichtsnr: 143-02.R1/09

| | |
|---|---|
| **AUFTRAGGEBER** | Fa. AMA Instruments GmbH<br>Söflinger Straße 100<br>89077 Ulm |
| **BEARBEITUNG** | LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg<br>Postfach 100163, 76231 Karlsruhe<br>Referat 14 – Geräte- und Produktsicherheit, Qualitätssicherung |
| **BERICHT-NR.** | 143-02.R1/09 |
| **ERSTELLUNGSDATUM** | 08.06.2009 |
| **BERICHTSUMFANG** | 70 Seiten |

DAP-PL-2921.00

Berichte und Anlagen dürfen nur unverändert weitergegeben werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung ist ohne schriftliche Genehmigung der LUBW nicht gestattet.

# 0. Inhaltsverzeichnis


| | | |
|---|---|---|
| 1 | Kurzfassung mit Bekanntgabevorschlag | 5 |
| 1.1 | Tabellarische Zusammenfassung der Prüfergebnisse | 5 |
| 1.2 | Bekanntgabevorschlag | 10 |
| 2 | Grundlage der Prüfung | 11 |
| 3 | Funktionsweise des Gaschromatographen | 13 |
| 4 | Prüfprogramm | 17 |
| 4.1 | Laborversuche | 17 |
| 4.2 | Feldtest | 18 |
| 5 | Referenzmessverfahren | 21 |
| 6 | Prüfergebnisse | 22 |
| 6.1 | Messwertanzeige | 22 |
| 6.2 | Wartungsfreundlichkeit | 23 |
| 6.3 | Funktionskontrolle | 23 |
| 6.4 | Rüst- und Einlaufzeiten | 24 |
| 6.5 | Bauart | 25 |
| 6.6 | Unbefugtes Verstellen | 26 |
| 6.7 | Messsignalausgang | 26 |
| 6.8 | Zertifizierungsbereich | 27 |
| 6.9 | Messbereich | 28 |
| 6.10 | Negative Messsignale | 28 |
| 6.11 | Stromausfall | 29 |
| 6.12 | Gerätefunktionen | 29 |
| 6.13 | Umschaltung | 30 |
| 6.14 | Wartungsintervall | 31 |
| 6.15 | Verfügbarkeit | 32 |
| 6.16 | Wiederholpräzision | 34 |
| 6.17 | Linearität (Lack-of-fit) (Anpassung der Kalibriergeraden) | 36 |
| 6.18 | Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes | 43 |

| | | |
|---|---|---|
| 6.19 | Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungslufttemperatur | 45 |
| 6.20 | Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung | 48 |
| 6.21 | Querempfindlichkeiten | 51 |
| 6.22 | Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen | 59 |
| 6.23 | Langzeitdrift | 61 |
| 6.24 | Kurzzeitdrift | 64 |
| 6.25 | Verschleppen (Memory-Effekt) | 66 |
| 6.26 | Gesamtmessunsicherheit gemäß Abschnitt 8.7 der DIN EN 14662-3 [3] | 67 |
| 7 | Literaturverzeichnis | 69 |

# 1 Kurzfassung mit Bekanntgabevorschlag

## 1.1 Tabellarische Zusammenfassung der Prüfergebnisse

| Mindestanforderung | | Anforderung | Prüfergebnis | Anford. erfüllt | Seite im Prüfb. |
|---|---|---|---|---|---|
| 4.1.1 | Messwertanzeige | Muss vorhanden sein. | Messwertanzeige ist vorhanden | Ja | 22 |
| 4.1.2 | Wartungsfreundlichkeit | Wartungsarbeiten sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein. | Gerät benötigt grundsätzlich keine Wartungsarbeiten | Ja | 23 |
| 4.1.3 | Funktionskontrolle | Spezielle Einrichtungen hierzu sind als zum Gerät gehörig zu betrachten, bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und zu bewerten. | Die geprüften Geräte besitzen keine Einrichtungen für eine interne Funktionskontrolle, und waren somit nicht Gegenstand der Prüfung | -- | 23 |
| 4.1.4 | Rüst- und Einlaufzeiten | Die Rüst- und Einlaufzeiten der Messeinrichtung sind in der Betriebsanleitung anzugeben. | Die Betriebsanleitung enthält detaillierte Angaben zur Inbetriebnahme des Gerätes. Hinweise zur Rüst- und Einlaufzeiten sind vorhanden. | Ja | 24 |
| 4.1.5 | Bauart | Die Betriebsanleitung muss Angaben des Herstellers zur Bauart der Messeinrichtung enthalten. | Angaben zur Bauart sind in der Betriebsanleitung vorhanden | Ja | 25 |
| 4.1.6 | Unbefugtes Verstellen | Die Messeinrichtung muss eine Sicherung gegen unbefugtes Verstellen enthalten. | Passwortschutz ist vorhanden | Ja | 26 |
| 4.1.7 | Messsignalausgang | Messsignale müssen digital und/oder analog angeboten werden. | Messsignale, Statussignale sowie Fehlermeldungen können über eine serielle Schnittstelle ausgelesen werden | Ja | 26 |
| 5.2.1 | Zertifizierungsbereich | Der Zertifizierungsbereich ist zwischen Hersteller und Prüfinstitut festzulegen. Der größte Zertifizierungsbereich muss der Tabelle 1 der VDI-Richtlinie 4202 entsprechen. | Der Zertifizierungsbereich wurde der VDI-Richtlinie 4202 Bl. 1 entsprechend auf 50 µg/m³ festgelegt. | Ja | 27 |
| 5.2.2 | Messbereich | Der Messbereichsendwert muss größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereiches sein. | Der Hersteller gibt keinen Messbereichsendwert an. Während der Prüfung wurden Konz. aufgegeben, die einen Messbereich von 50 µg/m³ abdecken. | Ja | 28 |
| 5.2.3 | Negative Messsignale | Dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt). | Das Messgerät ist verfahrensbedingt nicht mit einem lebenden Nullpunkt ausgestattet. | -- | 28 |
| 5.2.4 | Stromausfall | Unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas muss unterbunden sein; Geräteparameter müssen gegen Verlust durch Pufferung geschützt sein; messbereiter Zustand muss bei Spannungswiederkehr gesichert sein, Messung muss fortgesetzt werden. | Die Zufuhr der Betriebsgase ($N_2$ u. $H_2$) wird bei einem Stromausfall gestoppt. Geräteparameter bleiben gespeichert. Nach Spannungswiederkehr fährt der Rechner das Betriebssystem automatisch hoch und startet den Messbetrieb. | Ja | 29 |

| Mindestanforderung | | Anforderung | Prüfergebnis | Anford. erfüllt | Seite im Prüfb. |
|---|---|---|---|---|---|
| 5.2.5 | Gerätefunktion | Müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein. | Statussignale sowie Fehlermeldungen können über eine serielle Schnittstelle übertragen werden | Ja | 29 |
| 5.2.6 | Umschaltung | Umschaltung zwischen Messung und Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch auslösbar sein | Die geprüften Geräte besitzen keine Einrichtungen zur Prüfgaserzeugung, sodass eine interne Funktionskontrolle nicht vorgesehen ist. | Ja | 30 |
| 5.2.7 | Wartungsintervall | Sollte möglichst 3 Monate, jedoch mindestens 14 Tage betragen. | Das Wartungsintervall sollte auf vier Wochen festgesetzt werden | Ja | 31 |
| 5.2.8 | Verfügbarkeit | Die Verfügbarkeit muss mindestens 90 % betragen. | Die Verfügbarkeit wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: 100,0 %<br>GC 5005: 99,9 % | Ja | 33 |
| 5.3.1 | Allgemeines | -- | -- | -- | -- |
| 5.3.2 | Wiederholpräzision am Prüfwert 1 (Anforderung der DIN EN 14662-3) | Die Wiederholpräzision am Prüfwert 1 muss kleiner sein als ± 0,3 µg/m³ | Die Wiederholpräzision r bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $r_z$ = 0,05 µg/m³<br>GC 5005: $r_z$ = 0,12 µg/m³ | Ja | 35 |
| 5.3.3 | Wiederholpräzision am Grenzwert (Anforderung der DIN EN 14662-3) | Die Wiederholpräzision am Grenzwert muss kleiner sein als ± 5 % | Die Wiederholpräzision r bei Aufgabe von Prüfgas am Grenzwert wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $r_{lv}$ = 0,2 µg/m³<br>GC 5005: $r_{lv}$ = 0,1 µg/m³<br>Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$:<br>GC 5004: $K_L$ = 1,4 %<br>GC 5005: $K_L$ = 1,1 % | Ja | 35 |
| 5.3.4 | Linearität (Anforderung der DIN EN 14662-3) | Das größte relative Residuum aus der linearen Regressionsfunktion muss kleiner als ± 5 % sein. | Das größte relative Residuum wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $X_{fit}$ = 2,31 %<br>GC 5005: $X_{fit}$ = 1,79 % | Ja | 39 |
| 5.3.5 | Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks (Anforderung der DIN EN 14662-3) | Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_p$ für den Einfluss des Probengasdrucks am Prüfwert 2 muss kleiner sein als ± 1% / kPa. | Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_p$ für den Einfluss des Probengasdrucks wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $b_p$ = 0,002 [µg/m³] / kPa<br>GC 5005: $b_p$ = 0,011 [µg/m³] / kPa<br>Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$:<br>GC 5004: $K_L$ = 0,002 % / kPa<br>GC 5005: $K_L$ = 0,008 % / kPa | Ja | 44 |
| 5.3.6 | Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur | Keine Anforderung für Benzol in der DIN EN 14662-3 | -- | -- | -- |

| Mindestanforderung | | Anforderung | Prüfergebnis | Anford. Erfüllt | Seite im Prüfb. |
|---|---|---|---|---|---|
| 5.3.7 | Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur(Anforderung der DIN EN 14662-3) | Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{Ts}$ für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur am Prüfwert muss kleiner sein als ± 0,2 % / K. | Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{Ts}$ für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $b_{Ts}$ = < 0,01 [µg/m³] / K<br>GC 5005: $b_{Ts}$ = < 0,01 [µg/m³] / K<br>Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$:<br>GC 5004: $K_L$ = 0,09 % / K<br>GC 5005: $K_L$ = 0,17 % / K<br>Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{Ts}$ für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $b_{Ts}$ = 0,04 [µg/m³] / K<br>GC 5005: $b_{Ts}$ = 0,02 [µg/m³] / K<br>Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$:<br>GC 5004: $K_L$ = 0,03 % / K<br>GC 5005: $K_L$ = 0,02 % / K | Ja | 46<br>47 |
| 5.3.8 | Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung (Anforderung der DIN EN 14662-3) | Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_V$ für den Einfluss der elektrischen Spannung am Prüfwert muss kleiner sein als ± 0,2 % / V. | Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_V$ für den Einfluss der elektrischen Spannung bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $b_V$ = < 0,01 [µg/m³] / K<br>GC 5005: $b_V$ = < 0,01 [µg/m³] / K<br>Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$:<br>GC 5004: $K_L$ = 0,19 % / K<br>GC 5005: $K_L$ = 0,04 % / K<br>Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_V$ für den Einfluss der elektrischen Spannung bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $b_V$ = 0,01 [µg/m³] / V<br>GC 5005: $b_V$ = < 0,01 [µg/m³] / V<br>Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$:<br>GC 5004: $K_L$ = 0,01 % / V<br>GC 5005: $K_L$ = < 0,01 % / V | Ja | 49<br>50 |
| 5.3.9 | Querempfindlichkeit (Anforderung der DIN EN 14662-3) | | | | |
| 5.3.9a | Einfluss von Ozon | Der Einfluss der Störung durch die Komponente Ozon bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 muss kleiner sein als ± 5 %. | Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{O3}$ für den Einfluss der Störung durch Ozon bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $b_{O3}$ = < 0,01<br>GC 5005: $b_{O3}$ = < 0,01<br>Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$:<br>GC 5004: $K_L$ = 0,2 %<br>GC 5005: $K_L$ = 0,8 % | Ja | 52 |

| Mindestanforderung | | Anforderung | Prüfergebnis | Anford. erfüllt | Seite im Prüfb. |
|---|---|---|---|---|---|
| 5.3.9a | Einfluss von Ozon (Forts.) | Der Einfluss der Störung durch die Komponente Ozon bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 muss kleiner sein als ± 5 %. | Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{O3}$ für den Einfluss der Störung durch Ozon bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $b_{O3}$ = < 0,01<br>GC 5005: $b_{O3}$ = < 0,01<br>Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$:<br>GC 5004: $K_L$ = 0,03 %<br>GC 5005: $K_L$ = 0,04 % | Ja | 52 |
| 5.3.9b | Einfluss der relativen Feuchte | Der Einfluss der Störung durch die relative Feuchte bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2 muss kleiner sein als ± 4 %. | Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{rh}$ für den Einfluss der Störung durch die relative Feuchte bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $b_{rh}$ = < 0,01 [(µg/m³)/10³ppm]<br>GC 5005: $b_{rh}$ = < 0,01 [(µg/m³)/10³ppm]<br>Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$:<br>GC 5004: $K_L$ = 1,5 %<br>GC 5005: $K_L$ = 3,0 %<br>Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{rh}$ für den Einfluss der Störung durch die relative Feuchte bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $b_{rh}$ = 0,03 [(µg/m³)/10³ppm]<br>GC 5005: $b_{rh}$ = 0,02 [(µg/m³)/10³ppm]<br>Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$:<br>GC 5004: $K_L$ = 0,4 %<br>GC 5005: $K_L$ = 0,2 % | Ja | 54<br>55 |
| 5.3.9c | Einfluss von organischen Verbindungen | Der Einfluss der Störung durch organische Verbindungen bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2 muss kleiner sein als ± 5 %. | Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{org}$ für den Einfluss der Störung durch organische Verbindungen bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $b_{org}$ = 0,06<br>GC 5005: $b_{org}$ = 0,08<br>Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$:<br>GC 5004: $K_L$ = 3,7 %<br>GC 5005: $K_L$ = 4,6 %<br>Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{org}$ für den Einfluss der Störung durch organische Verbindungen bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 2 wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $b_{org}$ = 0,006<br>GC 5005: $b_{org}$ = 0,009<br>Damit ergibt sich für das Leistungskriterium $K_L$:<br>GC 5004: $K_L$ = 0,4 %<br>GC 5005: $K_L$ = 0,5 % | Ja | 57<br>58 |

| Mindestanforderung | | Anforderung | Prüfergebnis | Anford. Erfüllt | Seite im Prüfb. |
|---|---|---|---|---|---|
| 5.3.10 | Mittelungseinfluss | Keine Anforderung für Benzol in der DIN EN 14662-3 | -- | -- | -- |
| 5.3.11 | Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen (Anforderung der DIN EN 14662-3) | Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen $s_{Rf}$ der beiden Messeinrichtungen muss kleiner sein als ± 0,25 µg/m³. | Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen $s_{Rf}$ der beiden Messeinrichtungen wurde ermittelt zu: $s_{rf}$ = 0,14 µg/m³ | Ja | 60 |
| 5.3.12 | Langzeitdrift (Anforderung der DIN EN 14662-3) | Die größte Wert der Langzeitdrift am Prüfwert $d_{14\,d}$ muss beim Feldtest über eine Driftperiode von 14 Tagen kleiner sein als ± 10 %. | Der Maximalwert der Langzeitdrift am Prüfwert $d_{14\,d}$ wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $d_{14\,d,\,max}$ = 1,4 %<br>GC 5005: $d_{14\,d,\,max}$ = 2,2 % | Ja | 62 |
| 5.3.13 | Kurzzeitdrift (Anforderung der DIN EN 14662-3) | Die Kurzzeitdrift am Prüfwert $d_{24h}$ muss unter Laborbedingungen über eine Driftperiode von 24 h kleiner sein als ± 5 %. | Die Kurzzeitdrift am Prüfwert $d_{24h}$ wurde ermittelt zu:<br>GC 5004: $d_{24\,h}$ = 0,13 %<br>GC 5005: $d_{24\,h}$ = 0,65 % | Ja | 65 |
| 5.3.14 | Einstellzeit bzw. beim Benzol Memoryeffekt (Anforderung der DIN EN 14662-3) | Die Benzolkonzentration der zweiten Nullgasanalyse, die direkt auf die Analyse einer hohen Konzentration folgt, muss kleiner sein als 0,5 µg/m³ | Für die Benzolkonzentration der zweiten Nullgasanalyse (2. NGA) wurden folgende Werte ermittelt:<br>GC 5004: 2. NGA = < 0,1 µg/m³<br>GC 5005: 2. NGA = < 0,1 µg/m³ | Ja | 66 |
| 5.3.15 – 5.3.17 | entfällt | -- | -- | -- | -- |
| 5.3.18 | Gesamtunsicherheit | Der ermittelte Wert darf die Vorgaben der EU-Tochterrichtlinien [8] zur Luftqualität nicht überschreiten. Für Benzol muss die prozentuale erweiterte Messunsicherheit kleiner sein als 25 %. | Der ermittelte Wert für die erweiterte Messunsicherheit $U_{c,\,rel.}$ beträgt:<br>GC 5004: $U_{c,\,rel.}$ = 4,3 %<br>GC 5005: $U_{c,\,rel.}$ = 3,6 % | Ja | 68 |

Prüfwert 1: 1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³*

Prüfwert 2: Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs

Grenzwert: Jahresgrenzwert von Benzol = 5 µg/m³*

*: Die Prüfgasvorgabe erfolgte während der Eignungsprüfung über eine Gasmischapparatur (siehe Kap. 4.1) mit fest vorgegebenen Verdünnungsstufen. Die Prüfgasvorgabe am Prüfwert 1 und am Grenzwert entsprechen deshalb nicht exakt den Vorgaben der DIN EN 14662-3. Mit 0,75 µg/m³ für Prüfwert 1 und 5,9 µg/m³ für den Grenzwert, wurden die Konzentrationen vorgegeben, die den geforderten Werten am besten entsprechen.

## 1.2 Bekanntgabevorschlag

### 1.2.1 Messaufgabe

Messung von Benzolimmissionen in der Außenluft.

### 1.2.2 Bezeichnung der Messeinrichtung

Gaschromatograph GC 5000 BTX Ausführung FID

Geprüfte Software-Version: GC 5000 BTX Version 1.1

### 1.2.3 Messkomponenten

Benzol

### 1.2.4 Gerätehersteller

AMA Instruments GmbH
Söflinger Straße 100
89077 Ulm

### 1.2.5 Einsatzbereich

Für die kontinuierliche Erfassung von Benzol-Immissionskonzentrationen in der Außenluft.

### 1.2.6 Messbereich der Eignungsprüfung

Benzol: 0 – 50 µg/m³

### 1.2.7 Einschränkungen

Das Messgerät ist verfahrensbedingt nicht mit einem lebenden Nullpunkt ausgestattet.

### 1.2.8 Prüfinstitut

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)
Postfach 100163
76231 Karlsruhe

Für die Prüfung und Berichterstellung verantwortlich

Dipl.-Ing. (FH) Christian Thomas

Freigabe des Prüfberichtes

Dipl.-Chem. Michael Maban

# 2 Grundlage der Prüfung

Die LUBW wurde von der Firma AMA Instruments mit dem Schreiben vom 05.11.2007 beauftragt den Gaschromatographen GC 5000 BTX Ausführung FID auf seine Eignung zur Messung von Immissionskonzentrationen von Benzol zu prüfen.

Mit der Durchführung der Laborversuche wurde im Dezember 2007 begonnen.

Die Prüfungen wurden gemäß den Begriffsbestimmungen der folgenden Richtlinien und Normen durchgeführt:

**VDI-Richtlinie 4202 Blatt1 - Entwurf (November 2007) [1]**

Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung.

Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen

**VDI-Richtlinie 4203 Blatt 3 – Entwurf (November 2007) [2]**

Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen; Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen

**DIN EN 14662-3 (August 2005) [3]**

Luftbeschaffenheit; Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen - Teil 3: Automatische Probenahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung

### Prüfling:

Gaschromatograph GC 5000 BTX Ausführung FID

**Abb. 2.1:** Frontansicht des Prüflings

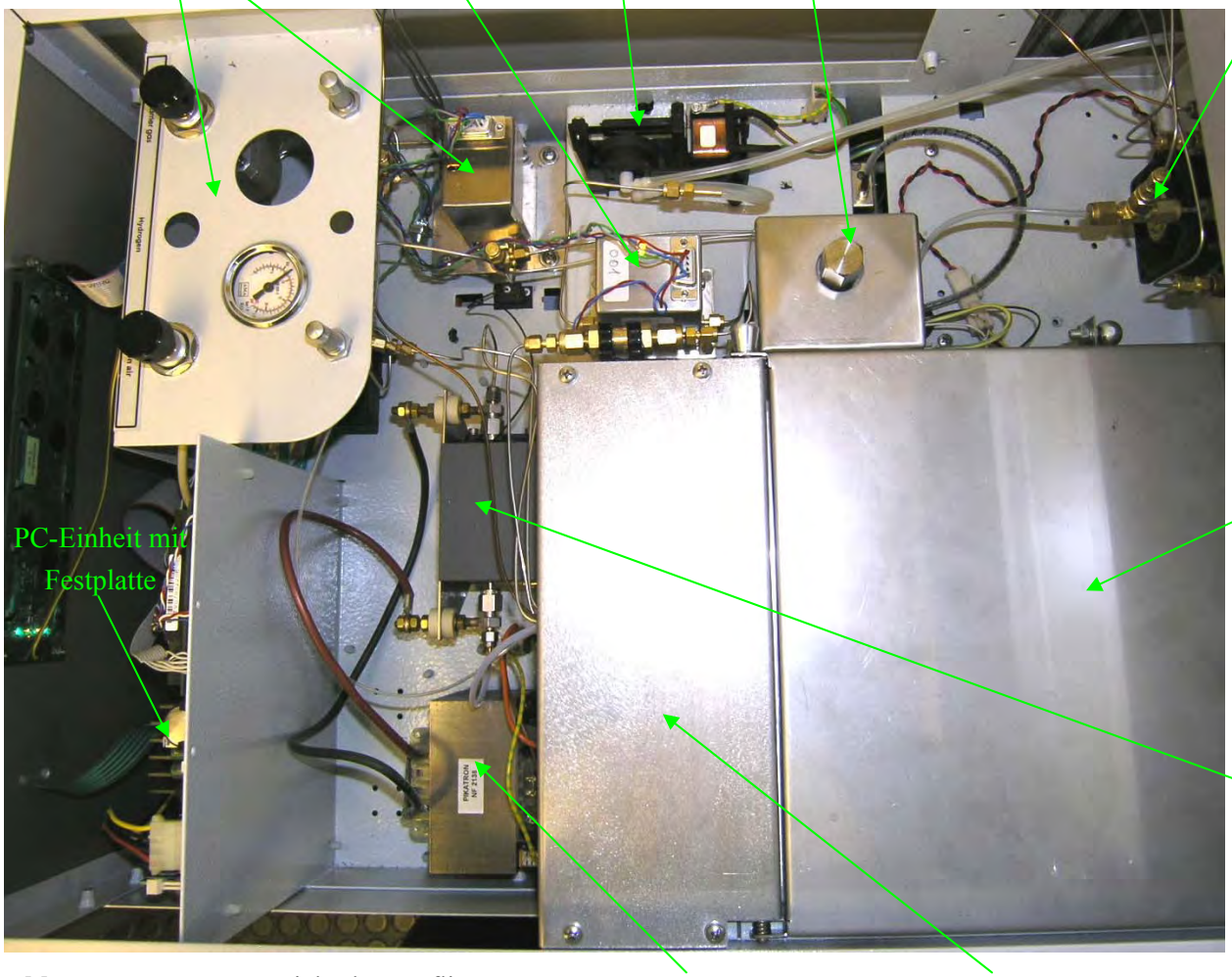



**Abb. 2.2:** Innenansicht des Prüflings

**Abb. 2.3:** Rückansicht des Prüflings

# 3 Funktionsweise des Gaschromatographen

Der Online-Gaschromatograph GC 5000 BTX wurde für die kontinuierliche Überwachung von Benzol, Toluol, m-/p-Xylol und o-Xylol und von Ozon-Vorläufern von $C_6$ bis $C_{12}$ in Umgebungsluft entwickelt.

Die Probenahme erfolgt mit Hilfe einer wartungsfreien Membranpumpe. Vor Beginn der Probenahme wird zunächst die Probenleitung gespült. Danach werden die zu messenden Komponenten in einem einstufigen Anreicherungsmodul aufkonzentriert (siehe Abb. 3.1).

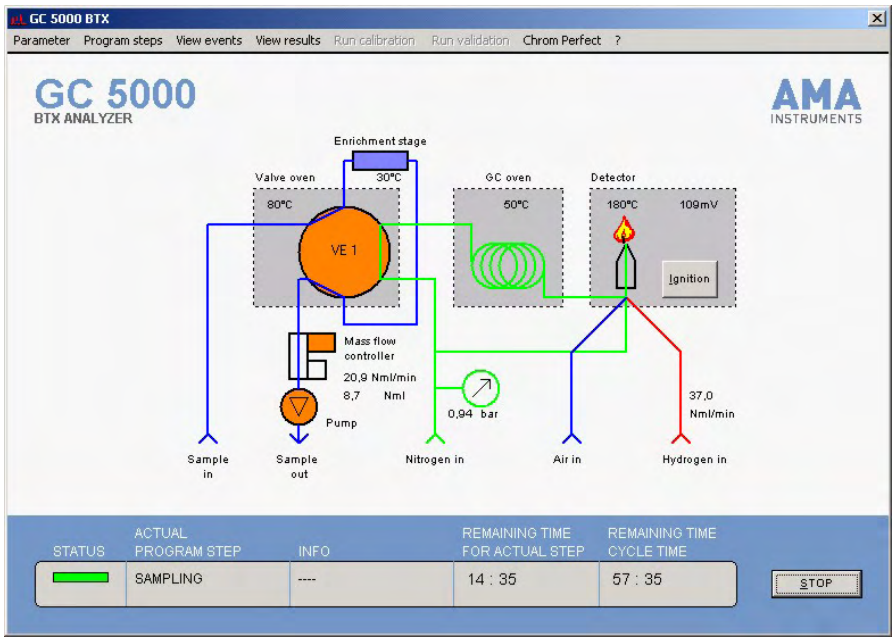



**Abb. 3.1:** Gaslaufschema der Probenahme

Dabei wird das auf die Normbedingungen bezogene Luftvolumen mit einem thermischen Massendurchflussregler exakt gemessen, so dass Einflüsse auf die Probenahme durch Druck- und Temperaturschwankungen ausgeschlossen sind. Im nächsten Schritt wird die Probe durch thermische Desorption in Gegenrichtung auf die Trennsäule aufgegeben (siehe Abb. 3.2).

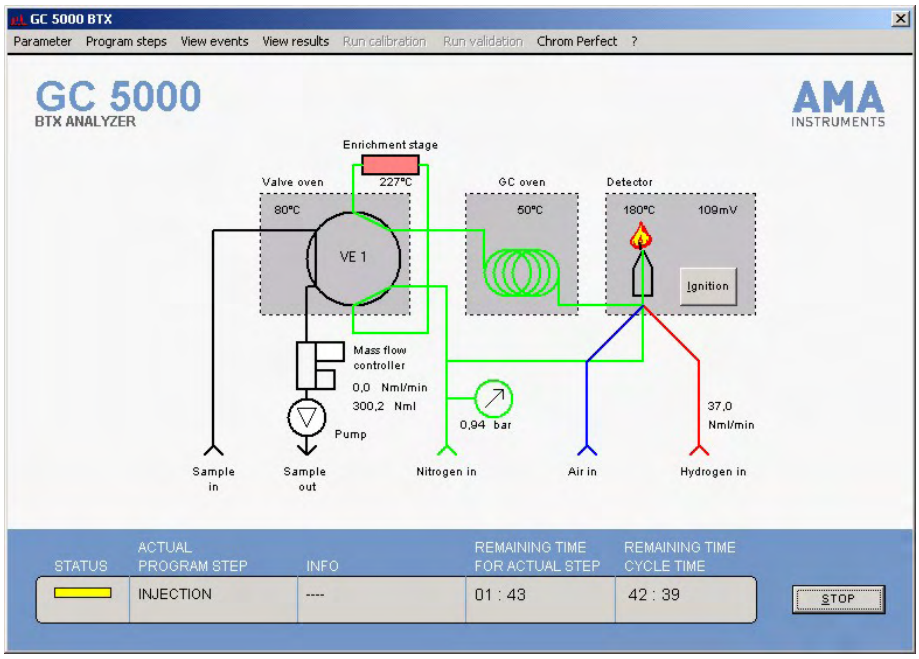



**Abb. 3.2:** Gaslaufschema bei der Injektion

Gleichzeitig werden auch das GC-Temperaturprogramm und die Aufzeichnung des Chromatogramms gestartet. Nach der Auftrennung werden die zu messenden Komponenten von einem Flammenionisationsdetektor (FID) detektiert. Nach beendeter Aufzeichnung des Chromatogramms wird dieses automatisch ausgewertet. Die Messergebnisse werden am Gerät angezeigt, in einer Ergebnistabelle abgespeichert und können unter anderem über eine serielle Schnittstelle mit Hilfe des Gesytec-II Protokolls oder des Bayern-Hessen-Protokolls ausgegeben werden.

Zur Steuerung des Systems ist ein Industrie-PC-Board integriert. Als Betriebssystem wird Windows XP verwendet. Die Steuersoftware des GC 5000 BTX erlaubt es den aktuellen Programmablauf zu beobachten, Steuerparameter zu ändern, Status- und Fehlermeldungen zu überprüfen und gespeicherte Chromatogramme zu laden. Ein Passwortschutz verhindert unautorisierte Modifikationen.

## Technische Daten:

Allgemein:

| | |
|---|---|
| Gehäuse | 19“-Gehäuse |
| Höhe | 6 HE |
| Tiefe | 600 mm |
| Gewicht | ca. 33 kg |
| Umgebungstemperatur | 0°C bis 40°C |

Versorgung:

| | |
|---|---|
| Spannung | 220-250 VAC, 50 Hz |
| Leistungsaufnahme | max. 800 Watt |
| Trägergas | Stickstoff 5.0 (Verbrauch lt. Hersteller: 32 ml/min) |
| Brennluft | Synthetische Luft oder katalytisch gereinigte Druckluft |
| Brenngas | Wasserstoff 5.0 (Verbrauch lt. Hersteller: 37 ml/min) |
| Gasanschlüsse | Swagelok 1/8“ Schott-Verschraubungen |
| Detektor | FID – Flammen-Ionisations-Detektor |

Probenahme:

| | |
|---|---|
| Probenahme | Wartungsfreie Membranpumpe |
| Volumenmessung | MFC- Massendurchflussregler mit thermischem Sensor |
| Probenahmedauer | 15 min |
| Durchflussrate | 20 Nml/min |
| Probenvolumen | 300 Nml |

Anreicherung:

| | |
|---|---|
| Adsorbens | Carbotrap |
| Anreicherungstemperatur | 30°C |
| Desorptionstemperatur | 230°C |

Ventilofen:

| | |
|---|---|
| Temperatur | 80°C |
| Probenumschaltung | 6-Port-Ventil |

Säulenofen:

| | |
|---|---|
| GC-Trennsäule | Quarzkapillarsäule AMAsep 1 - 0,32 mm ID / 30 m / 1,5 µm Film |
| Temperaturprogramm | 50°C 3 min, 8°/min, 130°C 5 min |
| Ofenkühlung | Zwangskühlung durch Öffnen des Säulenofens und Luftumwälzung |

Kommunikation:

| | |
|---|---|
| Schnittstellen | 2 x Ethernet, RS232, RS485, 4 x USB, PS2, VGA,<br>max. 16 Analogausgänge (4-20 mA, 0-20 mA, 0-5 V, 0-10 V),<br>digitale Ein-/Ausgänge, Feldbusanbindung |
| Protokolle | Gesytec-II, Modbus, Profibus, andere auf Anfrage |

# 4 Prüfprogramm

## 4.1 Laborversuche

Zur Durchführung der Laborversuche wurden die beiden Gaschromatographen in ein 19''-Gestell im Prüflabor der LUBW eingebaut (siehe Abb. 4.1.1)

Abb. 4.1.1: Messplatzaufbau zur Durchführung der Laborversuche

Zum Messplatzaufbau gehörte außerdem eine Gasmischapparatur nach VDI-Richtlinie 3490 Blatt 16 „Messen von Gasen - Prüfgase - Herstellen von Prüfgasen mit Blenden-Mischstrecken" [4] und ein katalytischer Nullgasgenerator der Fa. Headline-Filters (Air Purifier CAP 60).

Mittels der Gasmischapparatur wurde ein Vorgemisch aus einer Druckgasflasche mit einer Benzolkonzentration von 18,9 bzw. 10,7 mg/m³ mit Grundgas in den Konzentrationsbereich von 0,75 – 490 µg/m³ verdünnt. Die Einstellung der gewünschten Verdünnung erfolgte dabei über die Variation der beiden Volumenströme

(Grundgas und Benzolbeimengung). Die exakte Bestimmung dieser Volumenströme wurde mit Volumetern der Fa. Brooks (zertifizierte Volumenstandards) vorgenommen.

Der Nullgasgenerator dient zur Herstellung von Grundgas (gereinigte Druckluft) für die oben genannte Gasmischapparatur sowie zur Nullgasvorgabe.

Zur Durchführung der Temperaturabhängigkeitsversuche wurden die Prüflinge in eine Klimakammer VC 4034 der Fa. Vötsch eingebaut.

Zur Automatisierung verschiedener Laborversuche wurde eine rechnergesteuerte Ventileinheit (LUBW-Eigenbau) eingesetzt, mit der es möglich ist, zwischen verschiedenen Prüfzuständen (Prüfgas, Nullgas, Messgas) umzuschalten.

Mit den Laborversuchen wurde im Dezember 2007 begonnen. Nachdem jedoch bei der Prüfung der Temperaturabhängigkeit Probleme auftraten, wurden die Prüfungen im Januar 2008 unterbrochen und die Geräte beim Hersteller entsprechend modifiziert (siehe auch Anlage „Stellungnahme der Fa. AMA“). Nach dem Umbau wurde die Eignungsprüfung im April 2008 im Prinzip neu gestartet. Die zuvor bereits durchgeführte Linearitätsprüfung wurde in verkürzter Form wiederholt (siehe Kapitel 6.17), um sicher zu gehen, dass die Umbaumaßnahmen keinen Einfluss auf die ermittelten Daten haben. Die übrigen Prüfungen wurden erst nach dem Umbau durchgeführt.

## 4.2 Feldtest

Zur Durchführung des Feldtests wurden die beiden Gaschromatographen in eine Messstation auf dem Versuchsgelände gegenüber dem LUBW-Gebäude im unmittelbaren Einflussbereich einer stark befahrenen Straße (Autobahnzubringer) eingebaut.

**Abb. 4.2.1:** Messstation auf dem Versuchgelände der LUBW

Die beiden Geräte wurden in der klimatisierten Station (T = 20°C ± 3°C) in einem 19''-Gestell installiert und an das Probenahmesystem (Probenahmerohr mit einem genormten Entnahmekopf auf dem Dach) der Station angeschlossen. Dadurch war gewährleistet, dass beide Geräte eine repräsentative Messung desselben Probeluftvolumens durchführten.

Am Standort der verwendeten Messstation werden kontinuierlich die Benzolkonzentrationen bestimmt. Dabei liegen die gemessenen Jahresmittelwerte bei ca. 1 - 3 µg/m³. Um zur Ermittlung der Vergleichsstandardabweichung im Feldtest eine größere Streubreite der ermittelten Messwerte zu bekommen, wurde unterhalb des Entnahmekopfes des Probenahmesystems ein Kapillardosierer (Glasbehälter mit einer Kapillaröffnung) befestigt (siehe Abb. 4.2.2). Der Kapillardosierer war mit einem BTX-Gemisch (Benzol, Toluol, p-Xylol) gefüllt.

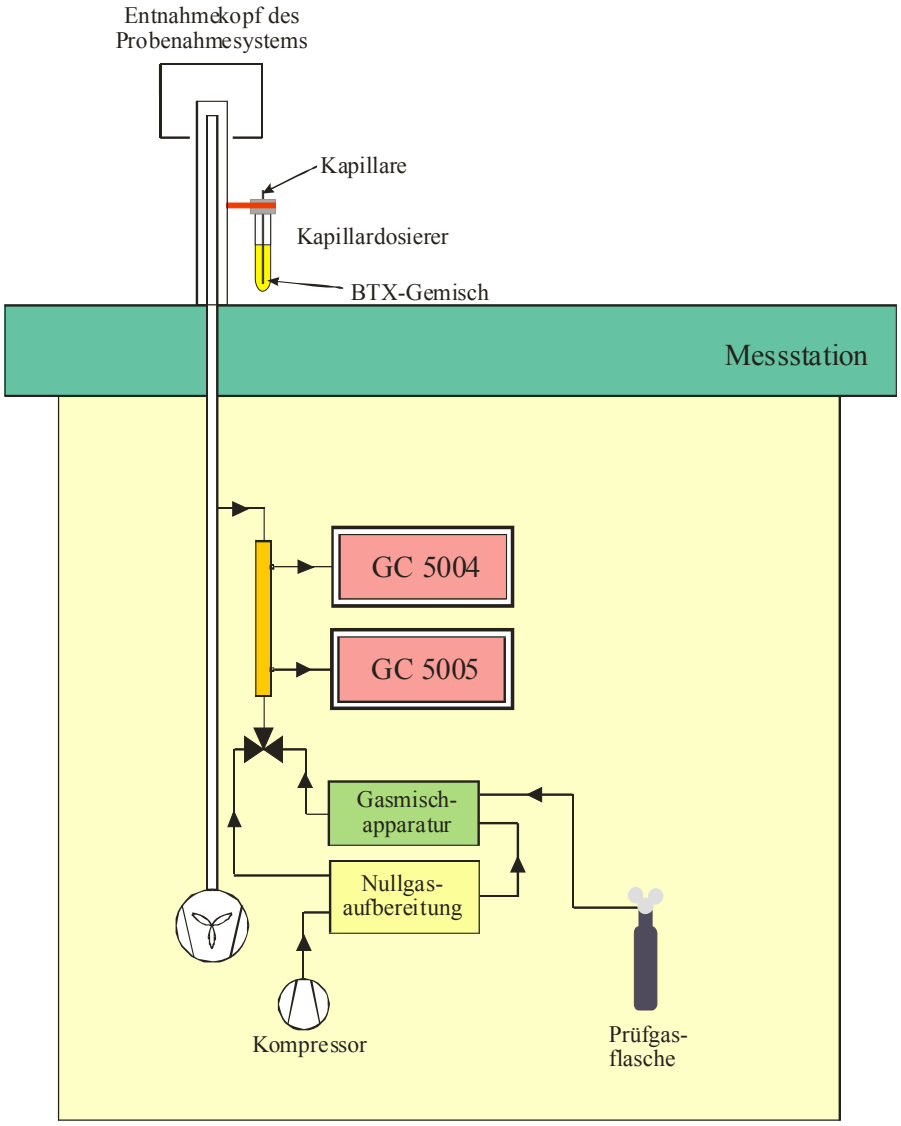



**Abb. 4.2.2:** Schematische Darstellung des Messaufbaus im Feldtest

Aus diesem Dosierer emittierte je nach Umgebungstemperatur und Luftdruck eine bestimmte Menge der o.g. Aromaten, die windrichtungsabhängig zufällig in den Probenluftstrom eingetragen wurde. Auf diese Weise

wurden während der gesamten Dauer des Feldversuchs Benzolkonzentrationen zwischen 0 µg/m³ und 25 µg/m³ erreicht.

Zur Datenübermittlung an die Messnetzzentrale der LUBW wurden die Geräte über die geräteinterne RS232-Schnittstelle an den Stationsrechner angeschlossen, der mit einem Datenerfassungssystem ausgestattet ist. Die Datenkommunikation zwischen den Gaschromatographen und dem Stationsrechner erfolgte über das „Bayern-Hessen-Protokoll“ bzw. „Gesytec-II-Protokoll“.

Zur Durchführung der regelmäßigen Funktionskontrolle wurde der Messplatzaufbau mit der Gasmischapparatur (siehe Kapitel 4.1) ergänzt, welche bereits bei den Laborversuchen zur Prüfgasherstellung eingesetzt wurde. Zur Grundgasherstellung wurde die stationsinterne Nullgasaufbereitung (Kompressor mit nachgeschalteter Luftreinigung der Fa. Breitfuß) verwendet. Die Funktionskontrolle erfolgte durch manuelle Umschaltung zwischen Nullgas, Prüfgas und Außenluftmessung.

# 5 Referenzmessverfahren

Bei der Eignungsprüfung des Gaschromatographen muss gewährleistet sein, dass die verwendeten Prüfgase auf Referenznormale zurückgeführt werden. Die verwendeten BTX-Prüfgase werden in der LUBW auf das Basisverfahren der kontinuierlichen Injektion zurückgeführt [5]. Eingesetzt wird eine Apparatur der Firma Axel Semrau Modell KS 493 C.

Zur Erzeugung eines Referenzgases werden in der Apparatur Reinsubstanzen aus der Flüssigphase verdampft und anschließend mit Nullluft in den ppm-Bereich verdünnt. Dazu wird ein BTX-Komponentengemisch in eine geräteinterne Kolbenbürette mit 1 cm³ Volumen aufgezogen und dann mit einem geringen Vorschub (0,04 - 0,4 ml/h) in einen Injektor eingespritzt. Im Injektor verdampft die eingespritzte Flüssigkeit und wird mit einem Verdünnungsgasstrom (Nullgas) von (20 - 400 ml/min) vermischt. Dieses Gemisch gelangt in eine ca. 1,5 l große Mischkammer und wird hier mit einem Nullgasstrom von 0 - 10 l/min weiter verdünnt. Mit den hier angegebenen Parametern können Referenzgase in einem Konzentrationsbereich von 3 - 30 ppm erzeugt werden. Die absolute Konzentration des Referenzgases wird anhand der Verdünnungsgasströme und des Bürettenvorschubs (BTX-Massenstrom) berechnet.

Das so erzeugte Referenzgas wird benötigt um eine Prüfgasflasche mit unbekannter Konzentration zu analysieren.

Das Referenzgas wird auf einen Laborgaschromatographen (Agilent GC 6850) aufgeschaltet. Danach wird an den Gaschromatographen die zu analysierende Prüfgasflasche angeschlossen. Durch Vergleich der Peakflächen des Referenzgases und des Prüfgases wird dessen Konzentration berechnet.

Die auf diese Weise analysierte Prüfgasflasche wird an die Gasmischapparatur (siehe Kapitel 4.1) angeschlossen und zur Herstellung von Prüfgasen in niedrigen Konzentrationsbereichen (3 – 490 µg/m³) eingesetzt.

Die Rückführung des Prüfgases erfolgt regelmäßig entsprechend den Vorgaben des im Labor bestehenden Qualitätsmanagementsystems nach DIN EN ISO/IEC 17025 [6] (QM-Verfahrensanweisung V 506-53108 „Herstellung und Bereitstellung von Standards im Kalibrierlabor für aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, p-Xylol) sowie chlorierte Kohlenwasserstoffe“).

# 6 Prüfergebnisse

## 6.1 Messwertanzeige

### 6.1.1 Mindestanforderung

Die Messeinrichtung muss eine Messwertanzeige besitzen

### 6.1.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 6.1.3 Prüfung

Es ist zu prüfen, ob die Messeinrichtungen eine Messwertanzeige besitzen.

### 6.1.4 Auswertung

Die Funktionsfähigkeit der Messwertanzeige ist festzustellen.

### 6.1.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 6.1.6 Dokumentation

Der Gaschromatograph ist mit einem Standard-Industrie-PC mit dem Betriebssystem Windows XP ausgerüstet. Das bedeutet, dass eine komplette PC-Struktur vorhanden ist um die Messergebnisse zu bearbeiten. Alle Daten werden vom Rechner auf der internen Festplatte gespeichert und sind jederzeit wieder abrufbar. An das Gerät kann eine Tastatur und ein Bildschirm angeschlossen werden, wodurch ein Zugriff auf sämtliche gespeicherten Chromatogramme möglich ist. Auf dem Bildschirm kann das aktuelle oder ein bereits gespeichertes Chromatogramm dargestellt werden. In der entsprechenden Software kann dann die Peakfläche, die Retentionszeit und die Konzentration dargestellt werden.

Das Gerät selbst besitzt eine Messwertanzeige, bei der die Messwerte des zuletzt gespeicherten Chromatogramms in µg/m³ angezeigt werden (siehe Abb. 6.1.1).

**Abb. 6.1.1:** Beispiel für die Anzeige eines Messwertes am GC

## 6.2 Wartungsfreundlichkeit

### 6.2.1 Mindestanforderung

Die notwendigen Wartungsarbeiten an der Messeinrichtung sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.

### 6.2.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 6.2.3 Prüfung

Die notwendigen regelmäßigen Wartungsarbeiten sind nach den Anweisungen der Betriebsanleitung [7] auszuführen.

### 6.2.4 Auswertung

Es ist festzustellen, ob die Arbeiten mit üblichen Werkzeugen mit einem vertretbaren Zeitaufwand durchgeführt werden können.

### 6.2.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 6.2.6 Dokumentation

Das Gerät benötigt grundsätzlich keine Wartungsarbeiten, die regelmäßig vom Anwender durchgeführt werden müssen. Einmal jährlich wird eine Jahreswartung beim Hersteller empfohlen.

## 6.3 Funktionskontrolle

### 6.3.1 Mindestanforderung

siehe 6.3.5

### 6.3.2 Gerätetechnische Ausstattung

siehe 6.3.5

### 6.3.3 Prüfung

siehe 6.3.5

### 6.3.4 Auswertung

siehe 6.3.5

### 6.3.5 Bewertung

Die geprüften Geräte besitzen keine Einrichtungen zur Prüfgaserzeugung, sodass eine interne Funktionskontrolle nicht vorgesehen ist.

### 6.3.6 Dokumentation

entfällt

## 6.4 Rüst- und Einlaufzeiten

### 6.4.1 Mindestanforderung

Die Rüst- und Einlaufzeiten der Messeinrichtung sind in der Betriebsanleitung [7] anzugeben.

### 6.4.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung ist zusätzlich bereitzustellen:

- Uhr

### 6.4.3 Prüfung

Die Messeinrichtungen sind nach den Beschreibungen des Geräteherstellers vom Prüfinstitut in Betrieb zu nehmen. Die erforderlichen Rüst- und Einlaufzeiten sind getrennt zu erfassen.

### 6.4.4 Auswertung

Die festgestellten Zeiten sind zu dokumentieren.

### 6.4.5 Bewertung

entfällt

### 6.4.6 Dokumentation

Rüstzeit:

Die Rüstzeit beträgt etwa: **30 Minuten**

Vor Beginn einer Messung muss das Trägergas ($N_2$ 5.0), die Brennluft (synthetische Luft oder gereinigte Druckluft; trocken und ölfrei) sowie das Brenngas (Wasserstoff) angeschlossen werden. Die Anschlüsse erfolgen über 1/8''-Verschraubungen an den gekennzeichneten Stellen auf der Rückseite des Gerätes. Es ist darauf zu achten, dass bei den angeschlossenen Gasen folgende Drücke eingestellt werden:

- Trägergas ($N_2$) ca. 3 bar
- Brennluft (Luft) ca. 3 – 4 bar
- Brenngas ($H_2$) ca. 2 bar

Außerdem muss zum Betrieb des internen Industrie-PC´s eine Maus, eine externe Tastatur und ein Monitor angeschlossen werden.

Einlaufzeit:

Die Einlaufzeit beträgt etwa: **90 Minuten**

Beim Einschalten des Messgerätes werden das Betriebssystem, die Chromatographiesoftware und die AMA-Controlsoftware automatisch gestartet. Das Gerät benötigt mehrere Minuten um alle temperierten Geräteteile wie GC-Ofen, Detektor, Ventilofen und BTX-Stufe auf die eingestellten Sollwerte zu bringen. Bei einer Detektortemperatur von über 130°C wird der FID gezündet und das Gerät ist betriebsbereit.

## 6.5 Bauart

### 6.5.1 Mindestanforderung

Die Betriebsanleitung [7] muss Angaben des Herstellers zur Bauart der Messeinrichtung enthalten

### 6.5.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereitzustellen:

- Messeinrichtung zur Erfassung des Energieverbrauches
- Waage

### 6.5.3 Prüfung

Der Aufbau der übergebenen Geräte ist mit der Beschreibung in den Handbüchern zu vergleichen. Weiterhin sind die Bauform, Einbaulage, Sicherheitsanforderungen und Abmessungen sowie das Gewicht einschließlich Zubehör zu ermitteln. Der angegebene Energieverbrauch ist über 24 h im Normalbetrieb während des Feldtests zu bestimmen. Die verwendete Softwareversion ist festzustellen.

### 6.5.4 Auswertung

Die vorgefundenen Merkmale sind mit den Beschreibungen in den Handbüchern zu vergleichen.

### 6.5.5 Bewertung

entfällt

### 6.5.6 Dokumentation

Abmessung des Gerätes:

19”-Gehäuse mit 6 HE (= 28 cm), Tiefe 60 cm

Betriebsspannung:

220 – 240 V AC

Gewicht:

ca. 33 kg

Leistungsaufnahme:

max. 800 W

Softwareversion:

GC 5000 BTX Version 1.1

## 6.6 Unbefugtes Verstellen

### 6.6.1 Mindestanforderung

Die Justierung der Messeinrichtung muss gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen gesichert werden können.

### 6.6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 6.6.3 Prüfung

siehe Punkt 6.6.6

### 6.6.4 Auswertung

Es ist festzustellen, ob die eingestellte Justierung trotz aktivierter Schutzvorrichtung (z. B. Passwort) veränderbar ist.

### 6.6.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### 6.6.6 Dokumentation

Die Software zur Steuerung des Gaschromatographen ist durch ein Passwort gesichert und kann deshalb nicht versehentlich geändert werden.

## 6.7 Messsignalausgang

### 6.7.1 Mindestanforderung

Die Messsignale müssen digital (z. B. RS 232) und/oder analog (z. B. 4 mA bis 20 mA) angeboten werden.

### 6.7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung ist zusätzlich bereitzustellen:

- Stationsrechner zur Übertragung der Daten in die Messnetzzentrale der LUBW

### 6.7.3 Prüfung

An die Messeinrichtungen ist ein Auswertesystem anzuschließen. Die jeweiligen Betriebszustände und Messsignale sind aufzuzeichnen und mit den Sollwerten zu vergleichen.

### 6.7.4 Auswertung

Es ist zu prüfen, ob die an den Messeinrichtungen eingestellten Betriebszustände und Messsignale von dem nach geschalteten Auswertesystem richtig erkannt und registriert werden.

### 6.7.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### 6.7.6 Dokumentation

Die Messsignale konnten mittels „Bayern-Hessen-Datenprotokoll“ bzw. „Gesytec-II-Protokoll“.auf einen Stationsrechner übertragen werden. Dies wurde während des Feldtests überprüft; es wurde eine 100-

prozentige Übereinstimmung zwischen den übertragenen Daten und den im Gerät gespeicherten Daten festgestellt.

Die folgende Tabelle 6.7.1 zeigt diese Übereinstimmung am Beispiel der Funktionsprüfung (Aufgabe Prüfgas) vom 27.02.09.

**Tabelle 6.7.1:** Übereinstimmung der Anzeige an den Gaschromatographen mit den übertragenen Daten in die Messnetzzentrale der LUBW (MNZ).

| Uhrzeit | Vorgabe Prüfgas | GC-Anzeige | | Anzeige in MNZ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | GC 5004 | GC 5005 | GC 5004 | GC 5005 |
| 11:30 | 41,75 µg/m³ | 41,86 µg/m³ | 41,89 µg/m³ | 41,86 µg/m³ | 41,89 µg/m³ |
| 12:00 | 41,75 µg/m³ | 41,40 µg/m³ | 41,95 µg/m³ | 41,40 µg/m³ | 41,95 µg/m³ |

## 6.8 Zertifizierungsbereich

### 6.8.1 Mindestanforderung

Die Zertifizierungsbereiche sind zwischen Hersteller und Prüfinstitut festzulegen. Der größte Zertifizierungsbereich muss die Anforderungen an Zertifizierungsbereiche nach Tabelle 1 der VDI-Richtlinie 4202 Blatt 1 [1] erfüllen.

### 6.8.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 6.8.3 Prüfung

Der für die Prüfung vorgesehene Zertifizierungsbereich ist zu ermitteln.

### 6.8.4 Auswertung

entfällt

### 6.8.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### 6.8.6 Dokumentation

Als Zertifizierungsbereich wurde der in Tabelle 1 der VDI-Richtlinie 4202 Blatt 1 [1] vorgegebene Konzentrationsbereich (0 – 50 µg/m³) festgelegt.

## 6.9 Messbereich

### 6.9.1 Mindestanforderung

Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung muss größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereiches sein.

### 6.9.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 6.9.3 Prüfung

Der Messbereichsendwert ist zu ermitteln.

### 6.9.4 Auswertung

entfällt

### 6.9.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist eingehalten.

### 6.9.6 Dokumentation

Vom Hersteller wird kein Messbereichsendwert definiert. Während der Eignungsprüfung wurden Konzentrationen aufgegeben, die einen Messbereichsendwert von 50 µg/m³ einschließen.

## 6.10 Negative Messsignale

### 6.10.1 Mindestanforderung

Negative Messsignale oder Messwerte dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).

### 6.10.2 Gerätetechnische Ausstattung

siehe 6.10.5

### 6.10.3 Prüfung

siehe 6.10.5

### 6.10.4 Auswertung

siehe 6.10.5

### 6.10.5 Bewertung

Das Messgerät ist verfahrensbedingt nicht mit einem lebenden Nullpunkt ausgestattet.

### 6.10.6 Dokumentation

entfällt

## 6.11 Stromausfall

### 6.11.1 Mindestanforderung

Bei Gerätestörungen und bei Stromausfall von bis zu 72 h muss ein unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas unterbunden sein. Die Geräteparameter sind durch eine Pufferung gegen Verlust durch Netzausfall zu schützen. Bei Spannungswiederkehr muss das Gerät automatisch wieder den messbereiten Zustand erreichen und gemäß der Betriebsvorgabe die Messung beginnen.

### 6.11.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 6.11.3 Prüfung

Durch simulierten Stromausfall (z. B. über 10 min, 72 h) ist zu prüfen, ob das Gerät unbeschädigt bleibt und nach Wiedereinschalten der Stromversorgung wieder messbereit ist.

### 6.11.4 Auswertung

Die störungsfreie Betriebsbereitschaft nach Wiedereinschalten ist durch Vergleich der Geräteparameter vor und nach dem Stromausfall festzustellen.

### 6.11.5 Bewertung

Die Mindestanforderungen sind erfüllt.

### 6.11.6 Dokumentation

Ein Stromausfall wurde durch Unterbrechung der Stromversorgung an beiden Geräten für ca. 24 Stunden simuliert. Nach der Wiederherstellung der Stromversorgung schalteten beide Geräte automatisch wieder in den normalen Betriebsmodus. Das Betriebssystem des geräteinternen PC fährt automatisch hoch und startet gleichzeitig die Steuer- und Auswertesoftware des Gaschromatographen. Ein unkontrolliertes Ausströmen der Betriebsgase ($H_2$ und $N_2$) wurde nicht festgestellt.

## 6.12 Gerätefunktionen

### 6.12.1 Mindestanforderung

Die wesentlichen Gerätefunktionen müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein

### 6.12.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung ist zusätzlich bereitzustellen:

- Auswerte- oder Datenerfassungssystem

### 6.12.3 Prüfung

An den Messeinrichtungen ist ein Auswerte- oder Datenerfassungssystem anzuschließen. Die jeweiligen Betriebszustände (Betriebsbereitschaft, Wartung, Störung) an den Messeinrichtungen sind einzustellen. An die Messeinrichtung ist ein Modem anzuschließen. Mittels Datenfernübertragung sind die Statussignale des Gerätes zu erfassen.

### 6.12.4 Auswertung

Es ist zu prüfen, ob die an den Messeinrichtungen eingestellten Betriebszustände von dem nach geschalteten Auswerte- oder Datenerfassungssystem richtig erkannt und registriert werden.

### 6.12.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 6.12.6 Dokumentation

Während des Feldtests waren die beiden Geräte über den Stationsrechner mit der Messnetzzentrale der LUBW verbunden. Dabei wurden die jeweiligen Betriebszustände sowie Fehlermeldungen telemetrisch übertragen.

Das Gerät besitzt eine Vielzahl von Anzeigen für Betriebszustände und Fehlermeldungen. Die nachfolgenden wichtigsten Meldungen wurden überprüft:

| Betriebszustände: | Fehlermeldungen: |
|---|---|
| Gerät aus | Probenahmealarm |
| Wartung | Trägergasalarm |
| Neuer Messwert | Keine Zündung des FID möglich |
| Not ready (Störung) | GC-Ofentemperatur zu hoch |

Die telemetrische Übertragung dieser Fehlermeldungen und der Betriebszustände ist gewährleistet.

## 6.13 Umschaltung

### 6.13.1 Mindestanforderung

Die Umschaltung zwischen Messung und Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch durch rechnerseitige Steuerung und manuell auslösbar sein.

### 6.13.2 Gerätetechnische Ausstattung

siehe 6.25.5

### 6.13.3 Prüfung

siehe 6.25.5

### 6.13.4 Auswertung

siehe 6.25.5

### 6.13.5 Bewertung

Die geprüften Geräte besitzen keine Einrichtungen zur Prüfgaserzeugung, sodass eine interne Funktionskontrolle nicht vorgesehen ist.

### 6.13.6 Dokumentation

entfällt

## 6.14 Wartungsintervall

### 6.14.1 Mindestanforderung

Das Wartungsintervall der Messeinrichtung ist in der Feldprüfung zu ermitteln und anzugeben. Das Wartungsintervall sollte möglichst drei Monate, muss jedoch mindestens zwei Wochen betragen.

### 6.14.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereitzustellen:

- Prüfstandards (z. B. Nullgas, Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.14.3 Prüfung

Während der Feldprüfung ist festzustellen, welche Wartungsarbeiten in welchen Zeitabständen für die einwandfreie Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung erforderlich sind. Soweit gerätetechnisch keine aufwendigen Wartungsarbeiten in kürzeren Zeitabständen notwendig sind, ergibt sich das Wartungsintervall im Wesentlichen aus dem Driftverhalten der Messeinrichtung (siehe Kapitel 6.23).

Falls eines der Messgeräte während der Feldprüfung Fehlfunktionen aufweist, sind diese zu ermitteln und zu beheben. Die Feldprüfung ist neu zu beginnen, wenn die Fehlfunktion eine Auswirkung auf die Ermittlung des Wartungsintervalls hat.

### 6.14.4 Auswertung

Zur Auswertung werden die jeweiligen Messwerte mit der Primäreinstellung verglichen und die Abweichungen für den Nullpunkt und Referenzpunkt ermittelt. Das Ende des Wartungsintervalls ist dann erreicht, wenn die Abweichungen die erlaubten Driften übersteigen.

Ein kürzeres Wartungsintervall, als das durch die Driftuntersuchung ermittelte ergibt sich dann, wenn andere Wartungsarbeiten in kürzeren Zeitabständen erforderlich sind.

### 6.14.5 Bewertung

Während des dreimonatigen Feldversuches waren keine Wartungsarbeiten am Messgerät notwendig. Der Trägergasverbrauch (Stickstoff 5.0) beträgt pro Gerät ca. 32 ml/min. Der Verbrauch an Brenngas (Wasserstoff) beträgt ca. 37 ml/min. Daraus ergibt sich bei Verwendung einer 50 Liter-Druckgasflasche für die beiden Gase jeweils eine Standzeit von mehr als 6 Monaten für ein Gerät.

Das Wartungsintervall wird folglich nur durch das Driftverhalten der Geräte bestimmt. (siehe Kapitel 6.23). Da sich bei der Ermittlung der Langzeitdrift im Messzeitraum von 90 Tagen keine signifikante Änderung des Messwertes zeigte, kann das maximal zulässige Wartungsintervall von vier Wochen festgesetzt werden. Außerdem wird einmal jährlich eine Generalüberholung des Gaschromatographen beim Hersteller empfohlen (siehe Betriebsanleitung Kap. 8).

### 6.14.6 Dokumentation

siehe Kapitel 6.23.

## 6.15 Verfügbarkeit

### 6.15.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.6.7 der DIN EN 14662-3 [3])

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung ist in der Feldprüfung zu ermitteln und muss mindestens 90 % betragen.

### 6.15.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 6.15.3 Prüfung

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung wird in der Feldprüfung ermittelt. Hierzu werden der Start- und Endzeitpunkt der Feldprüfung dokumentiert. Weiterhin werden alle Unterbrechungen der Prüfung, z. B. durch Störungen oder Wartungsarbeiten, mit dem jeweiligen Anfangs- und Endzeitpunkt dokumentiert.

### 6.15.4 Auswertung

Aus der Differenz zwischen Endzeitpunkt und Startzeitpunkt ist die Einsatzzeit als Bezugszeit der Verfügbarkeit zu berechnen. Weiterhin werden aus der Dokumentation die Zeiten ermittelt, in denen die Messeinrichtung keine für die kontinuierliche Erfassung der Immissionen verwertbaren Messwerte geliefert hat. Die Ergebnisse sind in einer Tabelle zusammenzufassen.

Die für die Berechnung der Verfügbarkeit zu berücksichtigende Zeitspanne ist diejenige Zeitspanne in der Feldprüfung, in der valide Messdaten für die Außenluftkonzentrationen gewonnen werden. Dabei darf die für Kalibrierungen, Konditionierung der Probengasleitungen und Filter und Wartungsarbeiten aufgewendete Zeit nicht einbezogen werden.

Die Verfügbarkeit des Messgeräts ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$A = \frac{t_u}{t_t} \cdot 100\ \% \qquad \text{(Gl. 6.15.1)}$$

Dabei ist:

$A$ Verfügbarkeit des Messgeräts

$t_u$ gesamte Zeitspanne mit validen Messwerten

$t_t$ gesamte Zeitspanne der Feldprüfung abzüglich der Zeit für Kalibrierung, Konditionierung und Wartung

### 6.15.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 6.15.6 Dokumentation

Der Feldtest wurde in der Zeit vom 02.Januar 2009 bis zum 27.März 2009 auf dem Versuchsgelände der LUBW durchgeführt. Während dieser Zeit wurde in den ersten zwei Wochen im Abstand von 2 bzw. 3 Tagen eine Funktionskontrolle durch externe Aufschaltung von Prüfgas durchgeführt. Nach Ablauf der ersten zwei Wochen wurde die Funktionskontrolle wöchentlich durchgeführt.

Die Ergebnisse zur Berechnung der Verfügbarkeit sind in Tabelle 6.15.1 zusammengefasst.

**Tabelle 6.15.1:** Ergebnisse zur Ermittlung der Verfügbarkeit der beiden Messeinrichtungen

| | | GC 5004 | GC 5005 |
|---|---|---|---|
| Beginn Feldtest | | 02.01.2009; 08:05 Uhr | |
| Ende Feldtest | | 03.04.2009; 13:05 Uhr | |
| Einsatzzeit $t_E$* | [h:min] | 2168:00 | 2168:00 |
| Kalibrierzeit $t_K$ | [h:min] | 108:00 | 108:00 |
| Ausfallzeit $t_A$ | [h:min] | 0:00 | 1:30** |
| Wartungszeit $t_W$ | [h:min] | 0:00 | 0:00 |
| **Verfügbarkeit $A_.$** | **[%]** | **100,0 %** | **99,9 %** |

Mit: $t_u = t_E - t_A - t_K - t_W$ und $t_t = t_E - t_K - t_W$

*: Während des Feldtests kam es aufgrund von Wartungsarbeiten in der Messstation zu kurzen Unterbrechungen. Da diese Unterbrechungen mit der Eignungsprüfung nichts zu tun hatten, wurden die entsprechenden Zeiten nicht berücksichtigt und von der Einsatzzeit $t_E$ abgezogen.

**: Am GC 5005 trat während des Feldtests an drei Tagen (04.01.09; 10.01.09; 17.01.09) bei jeweils einem Chromatogramm ein Fehler auf. Die Probenahme wurde dabei jeweils fälschlicherweise um ca. 4 Minuten zu früh beendet, wodurch eine geringere Konzentration gemessen wurde. Die nachfolgenden Chromatogramme waren jeweils wieder fehlerfrei. Die entsprechenden Messwerte wurden deshalb bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

## 6.16 Wiederholpräzision

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 1

### 6.16.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.5 der DIN EN 14662-3 [3]

Die Wiederholpräzision $r_i$ am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) muss kleiner sein als ± 0,3 µg/m³ und die Wiederholpräzision $r_i$ am Grenzwert (= 5µg/m³) muss kleiner sein als ± 5 %.

### 6.16.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Gasmischapparatur
- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.16.3 Prüfung

Bei dieser Prüfung ist mit 10-facher Wiederholung im Wechsel Prüfgas am Prüfwert 1 und am Grenzwert aufzugeben. Wobei jeweils zwei Halbstundenwerte zu einem Mittelwert zusammengefasst werden.

### 6.16.4 Auswertung

Aus den jeweils zehn Mittelwerten wird die Standardabweichung nach folgender Gleichung berechnet:

$$s_r(c) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (c_{test;i} - c_{test;MW})^2}{n-1}} \qquad \text{(Gl. 6.16.1)}$$

Dabei ist:

$s_r(c)$ die Wiederholstandardabweichung am Niveau c der Messgröße;

$c_{test, i}$ die i-te Einzelmessung am Niveau $c_{test}$ der Messgröße;

$c_{test, MW}$ der Mittelwert der Einzelmessungen am Niveau $c_{test}$ der Messgröße;

n die Anzahl der Einzelmessungen.

Die Wiederholpräzision r wird errechnet nach

$$r = t_{n-1;0,05} \cdot s_r \qquad \text{(Gl. 6.16.2)}$$

Dabei ist

$t_{n-1; 0,05}$ der zweiseitige Student'sche t-Faktor bei einem Vertrauensbereich von 0,05 mit n-1 Freiheitsgraden;

$s_r$ die Wiederholstandardabweichung in µg/m³.

Die Standardmessunsicherheit der Wiederholpräzision $u_r$ ist bestimmt durch:

$$u_r = s_r \qquad \text{(Gl. 6.16.3)}$$

### 6.16.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 6.16.6 Dokumentation

Zur Berechnung der Wiederholpräzision wurde mit 10-facher Wiederholung abwechselnd zunächst Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes) und dann Prüfgas im Bereich des Grenzwertes angeboten.

In Tabelle 6.16.1 sind die Ergebnisse bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 für die beiden Gaschromatographen GC 5004 und GC 5005 dargestellt.

**Tabelle 6.16.1:** Wiederholpräzision bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1

| | **GC 5004** | **GC 5005** |
|---|---|---|
| Wiederholstandardabweichung. $s_r = u_r$ [µg/m³] | 0,02 | 0,05 |
| Studentfaktor t | 2,26 | 2,26 |
| Vorgegebene Benzolkonzentration [µg/m³] | 0,75 | 0,75 |
| **Wiederholpräzision r [µg/m³]** | **0,05** | **0,12** |

Zum Vergleich des Leistungskriteriums $K_L$ mit der Vorgabe in der Norm ($K_L < \pm 5$ %) bei Aufgabe von Prüfgas am Grenzwert, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_r \cdot 100\%}{C} \qquad \text{(Gl. 6.16.4)}$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in [µg/m³]

In Tabelle 6.16.2 sind die Ergebnisse bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich des Grenzwertes für die beiden Gaschromatographen GC 5004 und GC 5005 dargestellt.

**Tabelle 6.16.2:** Wiederholpräzision bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich vom Grenzwert

| | **GC 5004** | **GC 5005** |
|---|---|---|
| Wiederholstandardabweichung. $s_r = u_r$ [µg/m³] | 0,08* | 0,06* |
| Studentfaktor t | 2,26 | 2,26 |
| Wiederholpräzision r [µg/m³] | 0,2 | 0,1 |
| Vorgegebene Benzolkonzentration [µg/m³] | 5,9 | 5,9 |
| **Leistungskriterium $K_L$ [%]** | **1,4** | **1,1** |

*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 6.17 Linearität (Lack-of-fit) (Anpassung der Kalibriergeraden)

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 2

### 6.17.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.3 der DIN EN 14662-3 [3]

Das größte relative Residuum aus der linearen Regressionsfunktion muss kleiner als ± 5 % sein. Wenn ein oder mehr relative Residuen das Kriterium nicht erfüllen, besteht der Analysator die Linearitätsprüfung nicht.

### 6.17.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Gasmischapparatur
- Prüfstandards (z. B. Nullgas, Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.17.3 Prüfung

Eine lineare Regressionsfunktion wird aus den Signalen des Analysators und den entsprechenden aufgegebenen Konzentrationsniveaus ermittelt. Das Residuum an jedem Konzentrationsniveau ist gleich der Differenz zwischen dem mittleren gemessenen Signal, ausgedrückt als Konzentration, und der durch die lineare Regressionsfunktion gegebenen Konzentration. Die lineare Regressionsfunktion und die Residuen sind nach Anhang A der DIN EN 14662-3 [3] zu berechnen.

Die Linearität des Analysators muss im Bereich zwischen 0 % und 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs mit mindestens sechs Konzentrationen (einschließlich 0) geprüft werden.

### 6.17.4 Auswertung

Die Residuen der Mittelwerte für jeden Kalibrierpunkt (ohne den Nullpunkt) werden gemäß Anhang A.2 der DIN EN 14662-3 [3] nach folgenden Gleichungen berechnet:

$$(Y_a)_c = \frac{\sum (Y_i)_c}{m} \qquad \text{(Gl. 6.17.1)}$$

mit:

| | |
|---|---|
| $(Y_a)_c$ | mittlerer Y-Wert beim Konzentrationsniveau c; |
| $(Y_i)_c$ | einzelner Y-Wert beim Konzentrationsniveau c; |
| m | Anzahl der Wiederholmessungen beim selben Konzentrationsniveau |

Das Residuum für jeden Mittelwert ($d_c$) bei den 5 Konzentrationsniveaus wird berechnet nach:

$$d_c = (Y_a)_c - (A + B \cdot c) \qquad \text{(Gl. 6.17.2)}$$

mit:

| | |
|---|---|
| A: | Achsenabschnitt der Kalibrierfunktion |
| B: | Steigung der Kalibrierfunktion |

Jedes Residuum bezogen auf das jeweilige Konzentrationsniveau c wird berechnet nach:

$$(d_r)_c = \frac{d_c}{c} \cdot 100\% \qquad \text{(Gl. 6.17.3)}$$

Der größte Wert von $(d_r)_c$ wird als $X_{fit}$ angegeben und ist für die Unsicherheitsberechnung zu verwenden.

Die Standardmessunsicherheit $u_{fit,\ LV}$ aus der Anpassung der Regressionsfunktion am Grenzwert ist gegeben durch:

$$u_{fit,\ LV} = \frac{X_{fit} \cdot c_{LV}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{100} \qquad \text{(Gl. 6.17.4)}$$

Dabei ist:

$u_{fit,\ LV}$ : die Standardmessunsicherheit aus der Anpassung der Regressionsfunktion am Grenzwert;

$X_{fit,\ LV}$ das (nach Anhang A) berechnete Residuum aus der linearen Regressionsfunktion am Grenzwert, in Prozent;

$c_{LV}$ der Grenzwert.

### 6.17.5 Bewertung

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 6.17.6 Dokumentation

Mit Hilfe der in Kapitel 4.1 beschriebenen Gasmischapparatur wurden fünf verschiedene Prüfgaskonzentrationen, verteilt über den Messbereich bis 50 µg/m³, sowie Nullgas auf die beiden Gaschromatographen aufgegeben.

Jede Konzentration wurde für jeweils 1,5 Stunden (3 Messzyklen von 30 Minuten = 3 Messwerte) in sechs aufeinander folgenden Kalibrierzyklen aufgegeben. Für die Auswertung wurden jeweils nur die letzten zwei Messwerte bei einer Konzentration verwendet (30 min Einlaufzeit). Für jede Konzentrationsstufe wurden auf diese Weise 12 Messwerte ermittelt und daraus jeweils die Mittelwerte bestimmt. Über eine Regressionsrechnung wurde daraus die Kalibrier- und die Analysenfunktion berechnet (siehe Tabelle 6.17.1). In den Abbildungen 6.17.1 und 6.17.2 sind die Kalibrierfunktionen der beiden Gaschromatographen graphisch dargestellt.

**Tabelle 6.17.1:** Kalibrier- und Analysenfunktion der Gaschromatographen 5004 und 5005

| | **GC 5004** | **GC 5005** |
|---|---|---|
| **Kalibrierfunktion** | y = 0,997 x + 0,488 | y = 0,972 x + 0,393 |
| **Analysenfunktion** | x = (y – 0,488) / 0,997 | x = (y – 0,393) / 0,972 |

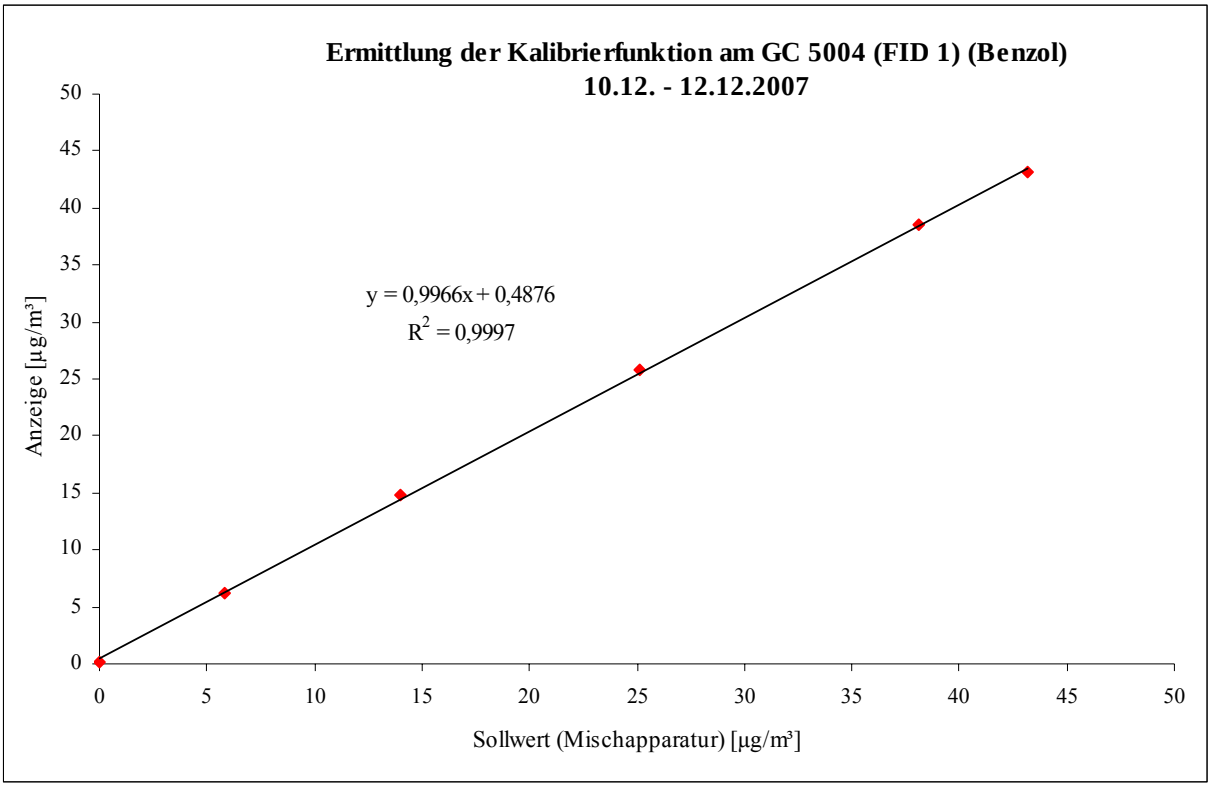



**Abb. 6.17.1.:** Graphische Darstellung der Kalibrierfunktion des GC 5004

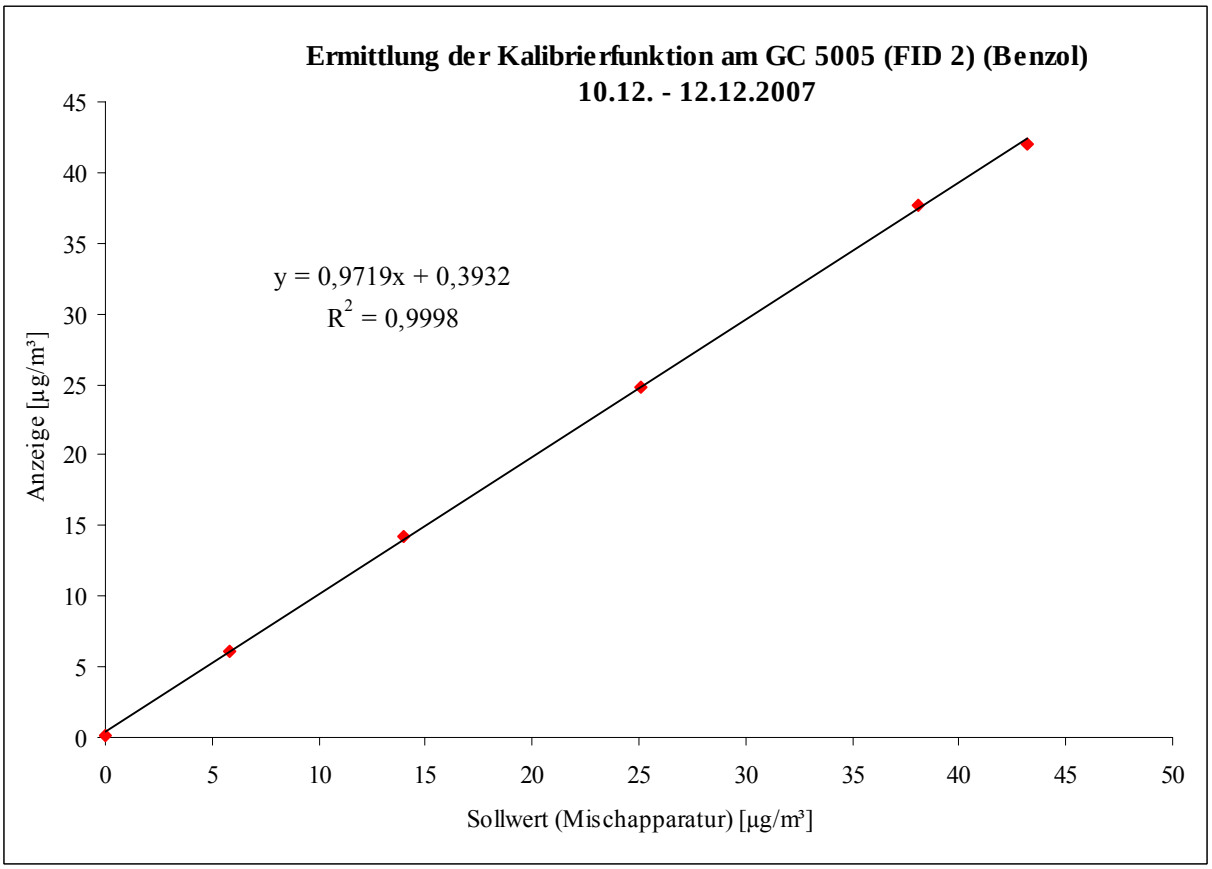



**Abb. 6.17.2.:** Graphische Darstellung der Kalibrierfunktion des GC 5005

**Tabelle 6.17.2:** Residuen der Mittelwerte für jeden Kalibrierpunkt (ohne den Nullpunkt) für GC 5004

| Zyklus | $x_{soll}$ [µg/m³] | Anzeige [µg/m³] | (A + B *$x_{soll}$) | $d_c$ | $(d_r)_c$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 5,9 | 6,2 | 6,3 | -0,08 | -1,38 |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 14,0 | 14,8 | 14,5 | 0,32 | **2,31** |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 25,1 | 25,8 | 25,5 | 0,28 | 1,13 |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 38,1 | 38,6 | 38,5 | 0,10 | 0,26 |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 43,2 | 43,2 | 43,5 | -0,35 | -0,80 |

Damit ergibt sich für den GC 5004

| | |
|---|---|
| Standardmessunsicherheit $u_{fit, LV}$ | 0,067* |
| Grenzwert $c_{LV}$ [µg/m³] | 5,00 |
| **Größtes Residuum $X_{fit}$** | **2,31** |

*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

**Tabelle 6.17.3:** Residuen der Mittelwerte für jeden Kalibrierpunkt (ohne den Nullpunkt) für GC 5005

| Zyklus | $x_{soll}$ [µg/m³] | Anzeige [µg/m³] | (A + B *$x_{soll}$) | $d_c$ | $(d_r)_c$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 5,9 | 6,1 | 6,1 | -0,01 | -0,13 |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 14,0 | 14,3 | 14,0 | 0,25 | **1,79** |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 25,1 | 24,9 | 24,8 | 0,06 | 0,25 |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 38,1 | 37,6 | 37,4 | 0,22 | 0,57 |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 43,2 | 42,1 | 42,4 | -0,31 | -0,71 |

Damit ergibt sich für den GC 5005

| | |
|---|---|
| Standardmessunsicherheit $u_{fit, LV}$ | 0,052* |
| Grenzwert $c_{LV}$ [µg/m³] | 5,00 |
| **Größtes Residuum $X_{fit}$** | **1,79** |

*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

Nachdem bei der Überprüfung der Temperaturabhängigkeit Probleme auftraten, wurden die Eignungsprüfung im Januar 2008 unterbrochen und die Geräte beim Hersteller entsprechend modifiziert. Nach dem Umbau wurde die Eignungsprüfung im April 2008 fortgesetzt. Um sicher zu gehen, dass die Umbaumaßnahmen keinen Einfluss auf die bereits durchgeführte Linearitätsprüfung haben, wurde diese in verkürzter Form wiederholt.

Dazu wurde jede Konzentration für jeweils 1,5 Stunden (3 Messzyklen von 30 Minuten = 3 Messwerte) in zwei aufeinander folgenden Kalibrierzyklen aufgegeben. Für die Auswertung wurden wieder jeweils nur die letzten zwei Messwerte bei einer Konzentration verwendet (30 min Einlaufzeit). Über eine Regressionsrechnung wurden daraus erneut die Kalibrier- und die Analysenfunktionen berechnet (siehe Tabelle 6.17.4). In den Abbildungen 6.17.3 und 6.17.4 sind die Kalibrierfunktionen der beiden Gaschromatographen graphisch dargestellt.

**Tabelle 6.17.4:** Kalibrier- und Analysenfunktion der Gaschromatographen 5004 und 5005 (Nachprüfung)

| | **GC 5004** | **GC 5005** |
|---|---|---|
| **Kalibrierfunktion** | y = 0,978 x + 0,072 | y = 0,981 x + 0,098 |
| **Analysenfunktion** | x = (y – 0,072) / 0,978 | x = (y – 0,098) / 0,981 |

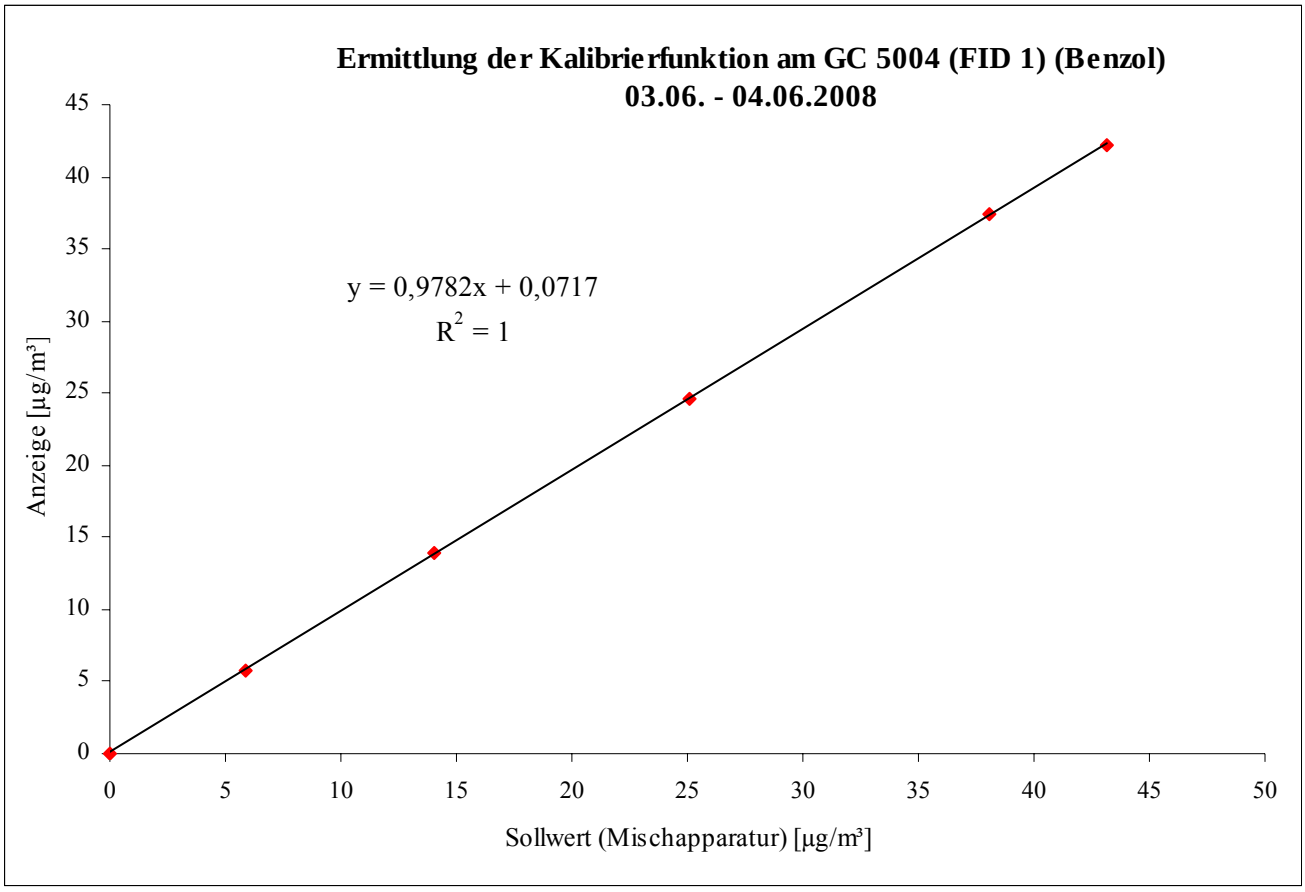



**Abb. 6.17.3.:** Graphische Darstellung der Kalibrierfunktion des GC 5004 (Nachprüfung)

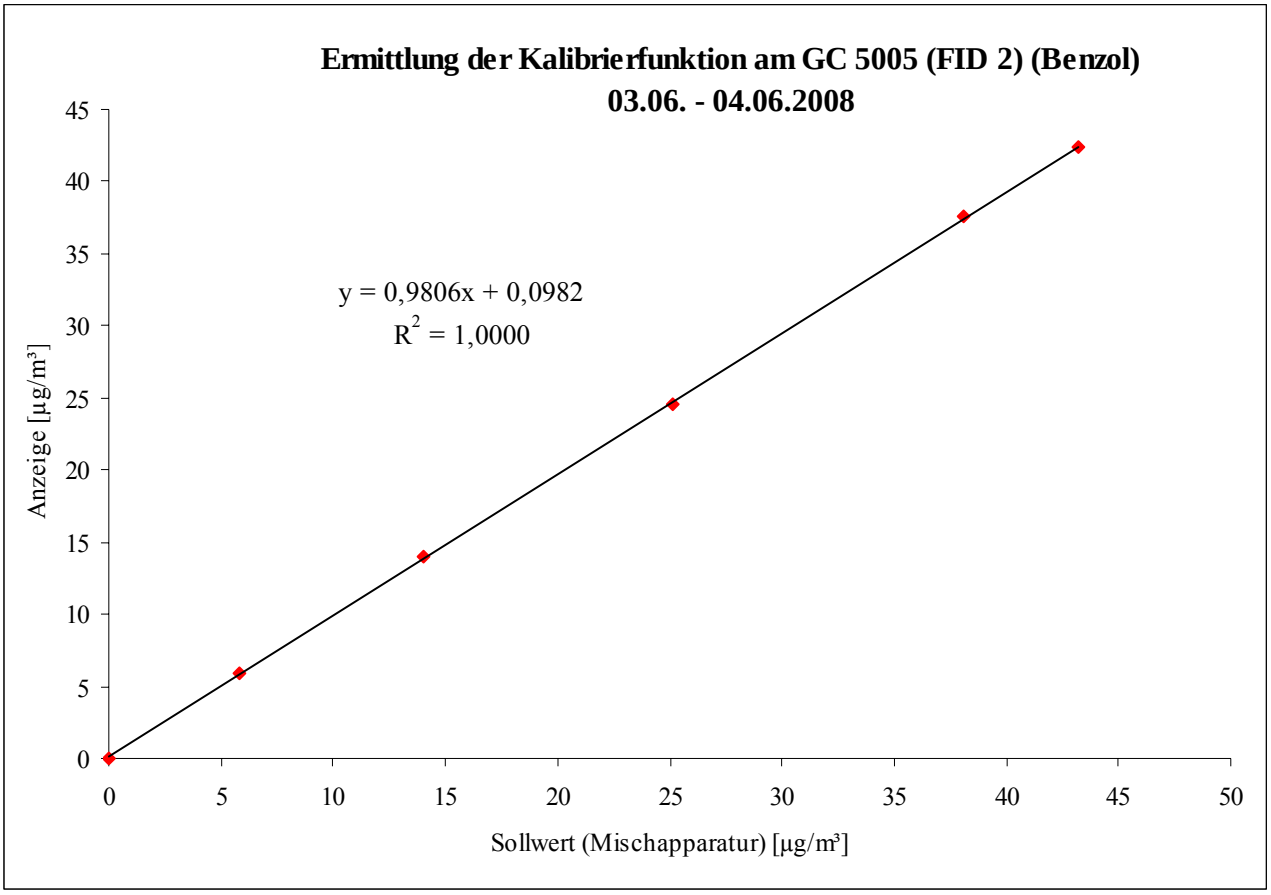



**Abb. 6.17.4.:** Graphische Darstellung der Kalibrierfunktion des GC 5005 (Nachprüfung)

**Tabelle 6.17.5:** Residuen der Mittelwerte für jeden Kalibrierpunkt (ohne den Nullpunkt) für GC 5004 (Nachprüfung)

| Zyklus | $x_{soll}$ [µg/m³] | Anzeige [µg/m³] | (A + B *$x_{soll}$) | $d_c$ | $(d_r)_c$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 5,9 | 5,8 | 5,80 | -0,04 | -0,71 |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 14,0 | 13,9 | 13,79 | 0,13 | **0,94** |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 25,1 | 24,7 | 24,63 | 0,04 | 0,15 |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 38,1 | 37,4 | 37,34 | 0,03 | 0,07 |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 43,2 | 42,2 | 42,33 | -0,08 | -0,19 |

Damit ergibt sich für den GC 5004

| | |
|---|---|
| Standardmessunsicherheit $u_{fit, LV}$ | 0,027 |
| Grenzwert $c_{LV}$ [µg/m³] | 5,00 |
| **Größtes Residuum $X_{fit}$** | **0,94** |

**Tabelle 6.17.5:** Residuen der Mittelwerte für jeden Kalibrierpunkt (ohne den Nullpunkt) für GC 5005 (Nachprüfung)

| Zyklus | $x_{soll}$ [µg/m³] | Anzeige [µg/m³] | (A + B *$x_{soll}$) | $d_c$ | $(d_r)_c$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 5,9 | 5,9 | 5,84 | 0,08 | **1,33** |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 14,0 | 13,9 | 13,85 | 0,08 | 0,60 |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 25,1 | 24,6 | 24,71 | -0,09 | -0,34 |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 38,1 | 37,5 | 37,46 | 0,08 | 0,22 |
| Mittelwert 1 – 6 $(Y_a)_c$ | 43,2 | 42,4 | 42,46 | -0,06 | -0,14 |

Damit ergibt sich für den GC 5005

| | |
|---|---|
| Standardmessunsicherheit $u_{fit, LV}$ | 0,038 |
| Grenzwert $c_{LV}$ [µg/m³] | 5,00 |
| **Größtes Residuum $X_{fit}$** | **1,33** |

Wie die obigen Tabellen und Abbildungen zeigen weichen die bei der Nachprüfung ermittelten Ergebnisse geringfügig von den zuvor ermittelten Daten ab und das größte Residuum sowie die Standardmessunsicherheit sind bei beiden Gaschromatographen sogar geringer als zuvor. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit können daher die Ergebnisse des ausführlichen ersten Linearitätstests verwendet werden.

## 6.18 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 3.

### 6.18.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.6 der DIN EN 14662-3 [3]

Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_p$ für den Einfluss des Probengasdrucks am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) muss kleiner sein als ± 1% / kPa.

### 6.18.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Gasmischapparatur
- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)
- Druckmesseinrichtung

### 6.18.3 Prüfung

Unabhängige Messungen werden mit Konzentrationen am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) und Probengasdrücken von 90 kPa und 110 kPa durchgeführt. Bei jedem Druck sind mindestens vier Einzelmessungen durchzuführen. Aus diesen Messungen werden die Mittelwerte bei jedem Druck berechnet.

### 6.18.4 Auswertung

Die partielle Standardmessunsicherheit durch Druckänderungen $u_p$ kann dann nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$u_p = \frac{b_p \cdot |\Delta p|}{2 \cdot \sqrt{3}} \qquad \text{(Gl. 6.18.1)}$$

Dabei ist der Empfindlichkeitsfaktor $b_p$ in [(µg/m³)/kPa] gegeben zu:

$$b_p = \frac{\left|c_{p,\,\max} - c_{p,\,\min}\right|}{|\Delta p|} \qquad \text{(Gl. 6.18.2)}$$

Dabei ist:

$C_{p,\,max}$ der Mittelwert der Einzelmessungen am maximalen Probengasdruck $p_{max}$ bei der Referenzpunktkonzentration;

$C_{p,\,min}$ der Mittelwert der Einzelmessungen am minimalen Probengasdruck $p_{min}$ bei der Referenzpunktkonzentration.

$\Delta p = p_{max} - p_{min}$

### 6.18.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_p$ für den Einfluss des Probengasdruckes überschreitet nicht die Mindestanforderung. Die hier gefundenen Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit verwendet.

### 6.18.6 Dokumentation

Der Gaschromatograph 5000 BTX (FID) ist mit einer Pumpe ausgestattet und saugt das benötigte, zu analysierende Gas selbst an. Die Pumpe arbeitet gegen den Umgebungsdruck, so dass am Messgaseingang und am Messgasausgang die selben Druckbedingungen herrschen. Das Anlegen eines Über- oder Unterdrucks in diesem System könnte zu Beschädigungen führen. Aus diesem Grund konnte der Probengasdruck nicht wiederholbar abweichend vom Umgebungsdruck eingestellt werden. Zur Überprüfung der Druckabhängigkeit wurden die gemessenen Umgebungsdrücke während des Feldversuchs herangezogen.

Der Umgebungsdruck schwankte während des 3-monatigen Feldversuchs zwischen 97,0 kPa und 101,9 kPa. In diesem Zeitraum konnte kein auffälliges Verhalten der Analysatoren in Bezug auf Änderungen des Umgebungsdrucks und damit auch auf die Druckverhältnisse des angesaugten Prüfgases festgestellt werden.

Zur Berechnung des Empfindlichkeitskoeffizienten $b_p$ des Probengasdruckes und der damit verbundenen Standardmessunsicherheit durch Druckänderungen $u_p$ wurden jeweils die Konzentrationen verwendet, die während der wöchentlichen Funktionskontrolle gemessen wurden und den geringsten bzw. den höchsten Umgebungsdruck aufwiesen.

Zum Vergleich des Leistungskriteriums $K_L$ mit der Vorgabe in der Norm ($K_L < \pm 1$ %/kPa) bei Aufgabe von Prüfgas, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_p \cdot 100\%}{C \cdot \Delta p} \qquad \text{(Gl. 6.18.3)}$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in [µg/m³] bei der Aufgabe von Prüfgas

**Tabelle 6.18.2:** Messdaten für $p_{min}$, $p_{max}$, $c_{p,.max}$ und $c_{p,\,min}$

| | **Druck $p_{min}$** | **Druck $p_{max}$** | **Konz. $c_{p,\,max}$** | **Konz. $c_{p,\,min}$** |
|---|---|---|---|---|
| **GC 5004** | 97,0 kPa | 101,9 kPa | 41,82 µg/m³ | 41,71 µg/m³ |
| **GC 5005** | 97,0 kPa | 101,9 kPa | 41,95 µg/m³ | 42,50 µg/m³ |

Damit ergeben sich folgende Werte für den Empfindlichkeitskoeffizient $b_p$ des Probengasdruckes und für die Standardmessunsicherheit durch Druckänderungen $u_p$.

**Tabelle 6.18.1:** Rechenwerte für $b_p$, $u_p$ und $K_L$

| | **Empfindlichkeitskoeffizient $b_p$** | **Standardunsicherheit $u_p$** | **Leistungskriterium $K_L$** |
|---|---|---|---|
| **GC 5004** | 0,002 (µg/m³) / kPa | 0,03* µg/m³ | **0,002 % / kPa** |
| **GC 5005** | 0,011 (µg/m³) / kPa | 0,16* µg/m³ | **0,008 % / kPa** |

*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 6.19 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungslufttemperatur

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 4

### 6.19.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.7 der DIN EN 14662-3 [3]

Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{Ts}$ für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur am Prüfwert muss kleiner sein als ± 0,2 % / K.

### 6.19.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)
- Klimakammer für den Temperaturbereich zwischen +5°C bis +35°C

### 6.19.3 Prüfung

Der Einfluss der Umgebungslufttemperatur ist in dem vom Hersteller für das Analysegerät spezifizierten Arbeitsbereich bei der höchsten und niedrigsten Temperatur zu bestimmen.

Der Einfluss muss bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) und am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) bestimmt werden. Bei jeder Temperatureinstellung sind mindestens vier Einzelmessungen für jede Konzentration durchzuführen.

### 6.19.4 Auswertung

Die Standardmessunsicherheit durch Temperaturänderungen der Umgebungsluft $u_{Ts}$ wird dann bestimmt als:

$$u_{Ts} = \frac{b_{Ts} \cdot \left|\Delta T_s\right|}{2\sqrt{3}} \qquad \text{(Gl. 6.19.1)}$$

Dabei ist der Empfindlichkeitsfaktor $b_{Ts}$ in [(µg/m³)/K] gegeben durch:

$$b_{Ts} = \frac{\left|c_{Ts,\max} - c_{Ts,\min}\right|}{\left|\Delta T_s\right|} \qquad \text{(Gl. 6.19.2)}$$

Dabei ist

$c_{Ts,\max}$ der Mittelwert der Einzelmessung bei der höchsten Umgebungstemperatur $T_{s,\max}$;

$c_{Ts,.\min}$ der Mittelwert der Einzelmessung bei der niedrigsten Umgebungstemperatur $T_{s,\min}$.

$\Delta T_s = T_{s,\max} - T_{s,\min}$

### 6.19.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_{Ts}$ für den Einfluss der Umgebungslufttemperatur überschreitet nicht die Mindestanforderung. Die hier gefundenen Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit verwendet.

### 6.19.6 Dokumentation

Zur Bestimmung der Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur wurden die Geräte in eine Klimakammer eingebracht und folgendes Temperaturprogramm eingestellt:

20°C (5 h) → 5°C (7,5 h) → 20°C (7,5 h) → 35°C (7,5 h) → 20°C (7,5 h)

Bei jeder Temperaturstufe wurde nach einer Aquilibrierzeit der Klimakammer von 2,5 Stunden abwechselnd Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) bzw. Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) für jeweils 2,5 Stunden (5 Messzyklen) den Messgeräten angeboten. Zur Auswertung wurden jeweils vier Messzyklen (=2 h) verwendet, der erste Messzyklus wurde jeweils als Übergangswert verworfen.

Zum Vergleich des Leistungskriteriums $K_L$ mit der Vorgabe in der Norm ($K_L$ < ± 0,2 %/K) bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_{Ts} \cdot 100\%}{C \cdot \Delta T_s} \qquad \text{(Gl. 6.20.3)}$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in [µg/m³] bei der Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 sind in Tabelle 6.19.1 dargestellt.

**Tabelle 6.19.1:** Ergebnisse der Untersuchung der Temperaturabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1

| **Nullgas** | **$T_{s,max}$ = 35°C; $T_{s,min}$ = 20°C** | | **$T_{s,max}$ = 35°C; $T_{s,min}$ = 5°C** | | **$T_{s,max}$ = 20°C; $T_{s,min}$ = 5°C** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GC 5004** | **GC 5005** | **GC 5004** | **GC 5005** | **GC 5004** | **GC 5005** |
| Empfindlichkeitskoeff. $b_{Ts}$ [µg/m³ / K] | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Standardmessunsicherheit $u_{Ts}$ [µg/m³] | 0,01 | 0,02 | <0,01 | 0,03 | 0,01 | < 0,01 |
| Vorgegebene Benzolkonz. C [µg/m³] | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| **Leistungskriterium $K_L$ [% / K]** | **0,09** | **0,17** | **< 0,01** | **0,11** | **0,09** | **0,05** |

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 sind in Tabelle 6.19.2 dargestellt.

**Tabelle 6.19.2:** Ergebnisse der Untersuchung der Temperaturabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2

| **Prüfgas** | **$T_{s,\,max}$ = 35°C; $T_{s,\,min}$ = 20°C** | | **$T_{s,\,max}$ = 35°C; $T_{s,\,min}$ = 5°C** | | **$T_{s,\,max}$ = 20°C; $T_{s,\,min}$ = 5°C** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GC 5004** | **GC 5005** | **GC 5004** | **GC 5005** | **GC 5004** | **GC 5005** |
| Empfindlichkeitskoeff. $b_{Ts}$ [µg/m³ / K] | 0,03 | 0,001 | 0,04 | 0,01 | 0,04 | 0,02 |
| Standardmessunsicherheit $u_{Ts}$ [µg/m³] | 0,13 | 0,01 | 0,31* | 0,10* | 0,18 | 0,10 |
| Vorgegebene Benzolkonz. C [µg/m³] | 38,1 | 38,1 | 38,1 | 38,1 | 38,1 | 38,1 |
| **Leistungskriterium $K_L$ [% / K]** | **0,02** | **0,001** | **0,03** | **0,01** | **0,03** | **0,02** |

*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 6.20 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 5

### 6.20.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.8 der DIN EN 14662-3 [3]

Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_V$ für den Einfluss der elektrischen Spannung am Prüfwert muss kleiner sein als ± 0,2 % / V.

### 6.20.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)
- Transformator im Regelbereich für Netzspannungen von 210 V bis 245 V.

### 6.20.3 Prüfung

Die Spannungsabhängigkeit muss beim Minimum und Maximum des vom Hersteller spezifizierten Spannungsbereichs ($V_{max}$, $V_{min}$) bestimmt werden. Der Einfluss muss bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) und am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) bestimmt werden. Bei jedem Spannungsniveau sind mindestens vier Einzelmessungen für jede Konzentration durchzuführen.

### 6.20.4 Auswertung

Die Standardmessunsicherheit durch die Spannung $u_V$ errechnet sich dann zu:

$$u_V = \frac{b_V \cdot |\Delta V|}{2\sqrt{3}} \qquad \text{(Gl. 6.20.1)}$$

Dabei ist der Empfindlichkeitsfaktor $b_V$ gegeben durch:

$$b_V = \frac{\left|c_{V,\max} - c_{V,\min}\right|}{|\Delta V|} \qquad \text{(Gl. 6.20.2)}$$

Dabei ist:

$c_{V, max}$ der Mittelwert der Einzelmessung bei der höchsten Spannung $V_{max}$;

$c_{V, min}$ der Mittelwert der Einzelmessung bei der niedrigste Spannung $V_{min}$.

$\Delta V = V_{max} - V_{min}$

### 6.20.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient $b_V$ für den Einfluss der elektrischen Spannung überschreitet nicht die Mindestanforderung. Die hier gefundenen Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit verwendet.

### 6.20.6 Dokumentation

Zur Prüfung der Spannungsabhängigkeit wurde über einen Stelltransformator (HMW Datasystem 4.6-S) die Netzspannung variiert. Folgende Einstellungen wurden vorgenommen.:

230 V → 210 V → 245 V → 230 V

Dabei wurde den beiden Gaschromatographen bei jeder Spannungseinstellung Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) bzw. Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) für jeweils zwei Stunden (4 Messzyklen) angeboten.

Zum Vergleich des Leistungskriteriums $K_L$ mit der Vorgabe in der Norm ($K_L < \pm 0{,}2$ %/V) bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_V \cdot 100\%}{C \cdot \Delta V} \qquad \text{(Gl. 6.20.3)}$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in [µg/m³] bei der Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Spannungsabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 sind in Tabelle 6.20.1 dargestellt.

**Tabelle 6.20.1:** Ergebnisse zur Untersuchung der Spannungsabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1

| **Nullgas** | **$V_{max}$ = 245 V; $V_{min}$ = 230 V** | | **$V_{max}$ = 245 V; $V_{min}$ = 210 V** | | **$V_{max}$ = 230 V; $V_{min}$ = 210 V** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GC 5004** | **GC 5005** | **GC 5004** | **GC 5005** | **GC 5004** | **GC 5005** |
| Empfindlichkeitsfaktor $b_V$ [µg/m³ / V] | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Standardmessunsicherheit $u_V$ [µg/m³] | 0,02 | < 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,03 | < 0,01 |
| Vorgegebene Benzolkonz. C [µg/m³] | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| **Leistungskriterium $K_L$ [% / V]** | **0,15** | **0,04** | **0,17** | **0,04** | **0,19** | **0,04** |

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Spannungsabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 sind in Tabelle 6.20.2 dargestellt.

**Tabelle 6.20.2:** Ergebnisse zur Untersuchung der Spannungsabhängigkeit bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2

| **Prüfgas** | **$V_{max}$ = 245 V; $V_{min}$ = 230 V** | | **$V_{max}$ = 245 V; $V_{min}$ = 210 V** | | **$V_{max}$ = 230 V; $V_{min}$ = 210 V** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **GC 5004** | **GC 5005** | **GC 5004** | **GC 5005** | **GC 5004** | **GC 5005** |
| Empfindlichkeitsfaktor $b_V$ [µg/m³ / V] | 0,01 | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 |
| Standardmessunsicherheit $u_V$ [µg/m³] | 0,06 | 0,01 | 0,13* | < 0,01 | 0,07 | 0,01* |
| Vorgegebene Benzolkonz. C [µg/m³] | 41,7 | 41,7 | 41,7 | 41,7 | 41,7 | 41,7 |
| **Leistungskriterium $K_L$ [% / V]** | **0,01** | **< 0,01** | **0,01** | **< 0,01** | **0,01** | **< 0,01** |

*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 6.21 Querempfindlichkeiten

Das Signal des Analysators ist hinsichtlich möglicher störender Verbindungen zu prüfen, die erwartungsgemäß in Außenluft vorkommen können. Die Querempfindlichkeit gegenüber von Ozon, der relativen Feuchte und organischen Verbindungen muss bei der Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) und am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) bestimmt werden.

### 6.21.1 Ozon

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 6

#### 6.21.1.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.9.2 der DIN EN 14662-3 [3]

Der Einfluss der Störung durch die Komponente Ozon bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert muss kleiner sein als ± 5 %.

#### 6.21.1.2 Prüfung

Der Einfluss von Ozon wird durch Zugabe eines Ozonprüfgases mit ungefähr 180 µg/m³ zu einem Benzolprüfgas am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) und am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) geprüft.

#### 6.21.1.3 Auswertung

Die Einflussgröße $b_{O3}$ wird berechnet nach:

$$b_{O_3} = \frac{\left| c_{MW,\,O_3} - c_{MW} \right|}{\left| c_{\text{int},\;O_3} \right|} \qquad \text{(Gl. 6.21.1)}$$

$$u_{O_3} = b_{O_3} \cdot \sqrt{\frac{c^2_{\text{int},\,O_3}}{12}} = \frac{\left| c_{MW,\,O_3} - c_{MW} \right|}{2 \cdot \sqrt{3}} \qquad \text{(Gl. 6.21.2)}$$

Dabei ist

$c_{MW, O3}$ der Mittelwert der Einzelmessung bei der höchsten Ozonkonzentration $c_{int., O3}$;

$c_{MW}$ der Mittelwert der Einzelmessungen ohne Ozon.

#### 6.21.1.4 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

#### 6.21.1.5 Dokumentation

Zur Bestimmung der Querempfindlichkeit gegenüber Ozon wurde den Messgeräten zunächst Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) bzw. Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) ohne den Zusatz der Störkomponente für jeweils zwei Stunden (4 Messzyklen) angeboten.

Anschließend wurde die Störkomponente ebenfalls über 4 Messzyklen jeweils dem Prüfgas beigemischt.

Bei der Überprüfung der Querempfindlichkeit gegenüber von Ozon wurde die Verdünnungsluft über einen Ozongenerator geleitet. Durch das Ein- und Ausschalten der generatorinternen UV-Lampe wurde damit ozonhaltiges bzw. ozonfreies Prüfgas erzeugt.

Zum Vergleich des Leistungskriteriums $K_L$ mit der Vorgabe in der Norm ($K_L$ < ± 5 %) bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_{O3} \cdot 100\%}{C} \qquad \text{(Gl. 6.21.3)}$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in [µg/m³] bei der Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Ozon bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 sind in der Tabelle 6.21.1.1 aufgelistet.

**Tabelle 6.21.1.1:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Ozon bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1

| | **GC 5004** | **GC 5005** |
|---|---|---|
| Ozonkonzentration $c_{int.,O3}$ [µg/m³] | 180 | 180 |
| Empfindlichkeitsfaktor $b_{O3}$ | < 0,01 | < 0,01 |
| Standardmessunsicherheit $u_{O3}$ [µg/m³] | < 0,01 | < 0,01 |
| Vorgegebene Benzolkonz. C [µg/m³]: | 0,75 | 0,75 |
| **Leistungskriterium $K_L$ [%]** | **0,2** | **0,8** |

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Ozon bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 sind in der Tabelle 6.21.1.2 aufgelistet.

**Tabelle 6.21.1.2:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Ozon bei der Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2

| | **GC 5004** | **GC 5005** |
|---|---|---|
| Ozonkonzentration $c_{int.,O3}$ [µg/m³] | 180 | 180 |
| Empfindlichkeitsfaktor $b_{O3}$ | < 0,01 | < 0,01 |
| Standardmessunsicherheit $u_{O3}$ [µg/m³] | 0,01* | 0,02* |
| Vorgegebene Benzolkonz. C [µg/m³]: | 41,7 | 41,7 |
| **Leistungskriterium $K_L$ [%]** | **0,03** | **0,04** |

*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

### 6.21.2 Relative Feuchte

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 7

#### 6.21.2.1 Anforderung gemäß Punkt 8.5.9.3 der DIN EN 14662-3 [3]

Der Einfluss der Störung am Prüfwert durch die relative Feuchte muss kleiner sein als ± 4 %.

#### 6.21.2.2 Prüfung

Der Einfluss der relativen Feuchte wird bei relativen Feuchten von 20 % und 80 % bei Referenztemperatur und -druck im Prüfgas mit einer Benzolkonzentration am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) und am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) geprüft.

#### 6.21.2.3 Auswertung

Der relative Unsicherheitsbeitrag $u_{rh}(y_{test})$ wird berechnet zu:

$$u_{rh} = \frac{b_{rh} \cdot c_{rh,\,\max}}{2 \cdot \sqrt{3}} \qquad \text{(Gl. 6.21.4)}$$

Dabei ist der Empfindlichkeitsfaktor $b_{rh}$ gegeben durch:

$$b_{rh} = \frac{\left| y_{rh,\,\max} - y_{rh,\,\min} \right|}{c_{rh,\,\max} - c_{rh,\,\min}} \qquad \text{(Gl. 6.21.5)}$$

und

$y_{rh,\,max}$ der Mittelwert der Einzelmessung bei der höchsten relativen Feuchte $c_{rh,\,max}$;

$y_{rh,\,min}$ der Mittelwert der Einzelmessung bei der niedrigsten relativen Feuchte $c_{rh,\,min}$.

#### 6.21.2.4 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

#### 6.21.2.5 Dokumentation

Zur Bestimmung der Querempfindlichkeit wurde den Messgeräten zunächst Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) bzw. Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) ohne Befeuchtung für jeweils zwei Stunden (4 Messzyklen) angeboten.

Anschließend wurden die Störkomponenten ebenfalls über 4 Messzyklen jeweils dem Prüfgas beigemischt. Dabei wurde die Verdünnungsluft über eine Nafionmembran geleitet, die im Gegenstrom mit destilliertem Wasser befeuchtet wird. Ein definierter Feuchtegehalt wird dabei über die Temperatur des Wasserbades eingestellt. Zur Berechnung der Abweichung zwischen dem Messwert im „trockenen“ und „feuchten“ Prüfgas wurde der Messwert des „feuchten“ Prüfgases jeweils anhand des Volumenanteils des Wasserdampfes in der Verdünnungsluft entsprechend korrigiert.

Zum Vergleich des Leistungskriteriums $K_L$ mit der Vorgabe in der Norm ($K_L < \pm 4$ %) bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_{rh} \cdot 100\%}{C} \qquad \text{(Gl. 6.21.6)}$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in [µg/m³] bei der Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 sind in der Tabelle 6.21.2.1 aufgelistet.

**Tabelle 6.21.2.1:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1

| | **GC 5004** | **GC 5005** |
|---|---|---|
| **80 % Feuchte** | | |
| Feuchteanteil $c_{rh,\,min}$ [$10^3$ ppm] | 0,8 | 0,8 |
| Feuchteanteil $c_{rh,\,max}$ [$10^3$ ppm] | 21,5 | 21,5 |
| Empfindlichkeitsfaktor $b_{rh}$ [(µg/m³)/$10^3$ ppm] | < 0,01 | < 0,01 |
| Standardmessunsicherheit $u_{rh}$ [µg/m³] | 0,01 | 0,02 |
| Vorgegebene Benzolkonz. C [µg/m³]: | 0,75 | 0,75 |
| **Leistungskriterium KL [%]** | **1,5** | **3,0** |
| **20 % Feuchte** | | |
| Feuchteanteil $c_{rh,\,min}$ [$10^3$ ppm] | 0,8 | 0,8 |
| Feuchteanteil $c_{rh,\,max}$ [$10^3$ ppm] | 5,5 | 5,5 |
| Empfindlichkeitsfaktor $b_{rh}$ [(µg/m³)/$10^3$ ppm] | < 0,01 | < 0,01 |
| Standardmessunsicherheit $u_{rh}$ [µg/m³] | < 0,01 | < 0,01 |
| Vorgegebene Benzolkonz. C [µg/m³]: | 0,75 | 0,75 |
| **Leistungskriterium $K_L$ [%]** | **0,9** | **0,8** |

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 sind in der Tabelle 6.21.2.2 aufgelistet.

**Tabelle 6.21.2.1:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2

| | **GC 5004** | **GC 5005** |
|---|---|---|
| **<u>80 % Feuchte</u>** | | |
| Feuchteanteil $c_{rh,\ min}$ [$10^3$ ppm] | 1,0 | 1,0 |
| Feuchteanteil $c_{rh,\ max}$ [$10^3$ ppm] | 26,6 | 26,6 |
| Empfindlichkeitsfaktor $b_{rh}$ [(µg/m³)/$10^3$ ppm] | 0,03 | 0,02 |
| Standardmessunsicherheit $u_{rh}$ [µg/m³] | 0,15* | 0,09* |
| Vorgegebene Benzolkonz. C [µg/m³]: | 41,7 | 41,7 |
| **Leistungskriterium KL [%]** | **0,4** | **0,2** |
| **<u>20 % Feuchte</u>** | | |
| Feuchteanteil $c_{rh,\ min}$ [$10^3$ ppm] | 1,0 | 1,0 |
| Feuchteanteil $c_{rh,\ max}$ [$10^3$ ppm] | 6,6 | 6,6 |
| Empfindlichkeitsfaktor $b_{rh}$ [(µg/m³)/$10^3$ ppm] | 0,07 | 0,01 |
| Standardmessunsicherheit $u_{rh}$ [µg/m³] | 0,10 | 0,01 |
| Vorgegebene Benzolkonz. C [µg/m³]: | 41,7 | 41,7 |
| **Leistungskriterium $K_L$ [%]** | **0,2** | **< 0,1** |

*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

### 6.21.3 Organische Verbindungen

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 8

#### 6.21.3.1 Anforderung gemäß Punkt 8.5.9.4 der DIN EN 14662-3 [3]

Der Einfluss der Störung am Prüfwert durch die organischen Verbindungen muss kleiner sein als ± 5 %.

#### 6.21.3.2 Prüfung

Eine mögliche Querempfindlichkeit durch organische Verbindungen wird durch Zugabe einer Gasmischung verschiedener organischer Substanzen mit Konzentrationen von jeweils etwa 3 µg/m³ bis 10 µg/m³ ins Prüfgas mit einer Benzolkonzentration am Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) und am Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) geprüft.

#### 6.21.3.3 Auswertung

Die relative Standardmessunsicherheit aus Querempfindlichkeiten $u_{c,\,org.}$ wird berechnet aus:

$$u_{c_{org}} = \frac{\left|c_{MW,\,org} - c_{MW}\right|}{\sqrt{3}} \qquad \text{(Gl. 6.21.6)}$$

Dabei ist die Einflussgröße $b_{org}$ gegeben durch

$$b_{org} = \frac{\left|c_{MW,\,org} - c_{MW}\right|}{\left|c_{MW}\right|} \qquad \text{(Gl. 6.21.7)}$$

und

$c_{MW,\,org}$ der Mittelwert der Einzelmessungen in Gegenwart der gewählten Gasmischung;

$c_{MW}$ der Mittelwert der Einzelmessungen ohne Störkomponente.

#### 6.21.3.4 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

#### 6.21.3.5 Dokumentation

Zur Bestimmung der Querempfindlichkeit wurde den Messgeräten zunächst im Bereich von Prüfwert 1 (1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³) bzw. Prüfwert 2 (Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs) ohne Zusatz von Störkomponenten für jeweils zwei Stunden (4 Messzyklen) angeboten.

Anschließend wurden die Störkomponenten ebenfalls über 4 Messzyklen dem Prüfgas beigemischt.

Die organischen Komponenten wurden dabei mit einem thermischen Massendurchflussregler (MFC) mit einem Volumenstrom von 2 ml/min dem Benzolprüfgas beigemischt. Da der Prüfgasvolumenstrom mit ca. 6,0 l/min erheblich höher war (Faktor 3000) konnte in diesem Fall auf eine Korrektur der Ausgangskonzentration von Benzol verzichtet werden.

Folgende Störkomponenten wurden dabei eingesetzt:

- Gemisch aus: Tetrachlormethan, Cyclohexan, Trichlorethylen, n-Heptan
- 2-Methyhexan
- Methylcyclopentan
- 2,4-Dimethylpentan

Zum Vergleich des Leistungskriteriums $K_L$ mit der Vorgabe in der Norm ($K_L$ < ± 5 %) bei Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2, wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$K_L = \frac{u_{c,org} \cdot 100\%}{C} \qquad \text{(Gl. 6.21.8)}$$

Dabei ist:

C: Bei der Prüfung vorgegebene Benzolkonzentration in [µg/m³] bei der Aufgabe von Prüfgas am Prüfwert 1 bzw. 2

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Störkomponenten bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 sind in den Tabellen 6.21.3.1 und 6.21.3.2 aufgelistet.

**Tabelle 6.21.3.1:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Substanzen bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (GC 5004)

| **Störstoff** | **Konz. [µg/m³]** | **Empfindlichkeits-faktor $b_{org}$** | **Standardmess-unsicherheit $u_{c,org}$ [µg/m³]** | **vorgeg. Benzol-konzentration C [µg/m³]*** | **Leistungs-kriterium $K_L$ [%]** |
|---|---|---|---|---|---|
| Isoheptan | 4,5 | 0,02 | < 0,01 | 0,75 | **1,0** |
| Methylcyclopentan | 7,8 | 0,06 | 0,03 | 0,75 | **3,7** |
| 2,4-Dimethylpentan | 9,5 | 0,02 | < 0,01 | 0,75 | **1,0** |
| Tetrachlormethan<br>n-Heptan<br>Trichlorethylen<br>Cyclohexan | 10,3<br>4,5<br>5,9<br>3,9 | 0,03 | 0,01 | 0,75 | **1,7** |

**Tabelle 6.21.3.2:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Substanzen bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (GC 5005)

| **Störstoff** | **Konz. [µg/m³]** | **Empfindlichkeits-faktor $b_{org}$** | **Standardmess-unsicherheit $u_{c,org}$ [µg/m³]** | **vorgeg. Benzol-konzentration C [µg/m³]*** | **Leistungs-kriterium $K_L$ [%]** |
|---|---|---|---|---|---|
| Isoheptan | 4,5 | 0,08 | 0,03 | 0,75 | **4,6** |
| Methylcyclopentan | 7,8 | 0,03 | 0,01 | 0,75 | **1,9** |
| 2,4-Dimethylpentan | 9,5 | 0,05 | 0,02 | 0,75 | **3,3** |
| Tetrachlormethan<br>n-Heptan<br>Trichlorethylen<br>Cyclohexan | 10,3<br>4,5<br>5,9<br>3,9 | 0,07 | 0,03 | 0,75 | **4,2** |

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Störkomponenten bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 sind in den Tabellen 6.21.3.3 und 6.21.3.4 aufgelistet.

**Tabelle 6.21.3.3:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Substanzen bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 (GC 5004)

| **Störstoff** | **Konz. [µg/m³]** | **Empfindlichkeits-faktor $b_{org}$** | **Standardmess-unsicherheit $u_{c,\,org}$ [µg/m³]** | **vorgeg. Benzol-konzentration C [µg/m³]** | **Leistungs-kriterium $K_L$ [%]** |
|---|---|---|---|---|---|
| Isoheptan | 4,5 | 0,001 | 0,03 | 41,7 | **0,1** |
| Methylcyclopentan | 7,8 | 0,001 | 0,01 | 41,7 | **< 0,1** |
| 2,4-Dimethylpentan | 9,5 | 0,004 | 0,10 | 41,8 | **0,2** |
| Tetrachlormethan<br>n-Heptan<br>Trichlorethylen<br>Cyclohexan | 10,3<br>4,5<br>5,9<br>3,9 | 0,006 | 0,14* | 41,7 | **0,4** |

*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

**Tabelle 6.21.3.4:** Ergebnisse der Untersuchungen zur Querempfindlichkeit gegenüber den organischen Substanzen bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 (GC 5005)

| **Störstoff** | **Konz. [µg/m³]** | **Empfindlichkeits-faktor $b_{org}$** | **Standardmess-unsicherheit $u_{c,\,org}$ [µg/m³]** | **vorgeg. Benzol-konzentration C [µg/m³]** | **Leistungs-kriterium $K_L$ [%]** |
|---|---|---|---|---|---|
| Isoheptan | 4,5 | 0,007 | 0,17 | 41,7 | **0,4** |
| Methylcyclopentan | 7,8 | 0,006 | 0,14 | 41,7 | **0,3** |
| 2,4-Dimethylpentan | 9,5 | 0,005 | 0,12 | 41,8 | **0,3** |
| Tetrachlormethan<br>n-Heptan<br>Trichlorethylen<br>Cyclohexan | 10,3<br>4,5<br>5,9<br>3,9 | 0,009 | 0,20* | 41,7 | **0,5** |

*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

## 6.22 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen

### 6.22.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.6.8 der DIN EN 14662-3 [3]

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen $s_{Rf}$ der beiden Messeinrichtungen muss kleiner sein als ± 0,25 µg/m³.

### 6.22.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.22.3 Prüfung

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen wird während der dreimonatigen Felduntersuchung aus zeitgleichen, fortlaufenden Messungen mit zwei baugleichen Messeinrichtungen am selben Messort als Doppelbestimmungen ermittelt.

Dabei kann eine gemeinsame Entnahmeeinrichtung für die zu untersuchende Probenluft verwendet werden. In jedem Fall sind die Probenahmeeinrichtungen der beiden Messeinrichtungen so zueinander anzuordnen, dass beide Messeinrichtungen eine repräsentative Messung desselben Probeluftvolumens durchführen. Auf diese Weise werden systematische Fehler durch räumliche und/oder zeitliche Inhomogenitäten der Massenkonzentrationsverteilung der Messobjekte in der Umgebungsluft reduziert. Die Messsignale der Messeinrichtungen sind als Einzelwerte auf einem elektronischen Datenspeicher aufzuzeichnen.

### 6.22.4 Auswertung

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen wird aus Daten von Parallelmessungen während der Felduntersuchung berechnet.

Die Differenz für jede Parallelmessung i wird berechnet aus

$$d_{f,i} = (c_{1,f})_i - (c_{2,f})_i$$

Die mittlere Differenz aus diesen Messungen wird berechnet aus

$$(d_f)_{MW} = \frac{\sum d_{f,i}}{n}$$

Dabei ist

| | |
|---|---|
| df, i | die Differenz zwischen den i-ten Parallelmessungen; |
| $(c_{1,f})_i$ | das i-te Messergebnis vom Analysator 1; |
| $(c_{2,f})_i$ | das i-te Messergebnis vom Analysator 2; |
| n | die Anzahl der Parallelmessungen. |

Die Vergleichsstandardabweichung (unter Feldbedingungen) $s_{Rf}$ errechnet sich zu

$$s_{Rf} = \sqrt{\frac{\sum d_{f,i}^2}{2n}}$$

Die Standardmessunsicherheit entsprechend der Vergleichspräzision im Feld wird dann berechnet zu

$$u_{Rf} = s_{Rf}$$

### 6.22.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 6.22.6 Dokumentation

Zur Auswertung wurden sämtliche beim Feldversuch ermittelten Außenluftmesswerte herangezogen. Die Daten zur Funktionskontrolle mit Prüfgas und Nullgas wurden nicht berücksichtigt.
Die daraus ermittelten Daten zur Berechnung der Vergleichsstandardabweichung sind in der folgenden Tabelle 6.22.1 zusammengefasst.

**Tabelle 6.22.1:** Daten zur Berechnung der Vergleichsstandardabweichung im Feldversuch

| | **GC 5004 und GC 5005** |
|---|---|
| Anzahl Wertepaare n | 4129 |
| Mittlere Differenz $d_{f,\,MW}$ | 0,02 |
| $MW_{GC\ 5004}$ | 3,44 µg/m³ |
| $MW_{GC\ 5005}$ | 3,42 µg/m³ |
| **$u_{Rf} = s_{Rf}$ [µg/m³]** | **0,14*** |

*Wert wird zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

In Abbildung 6.22.1 sind die beim Feldtest ermittelten Daten der beiden Gaschromatographen graphisch dargestellt.

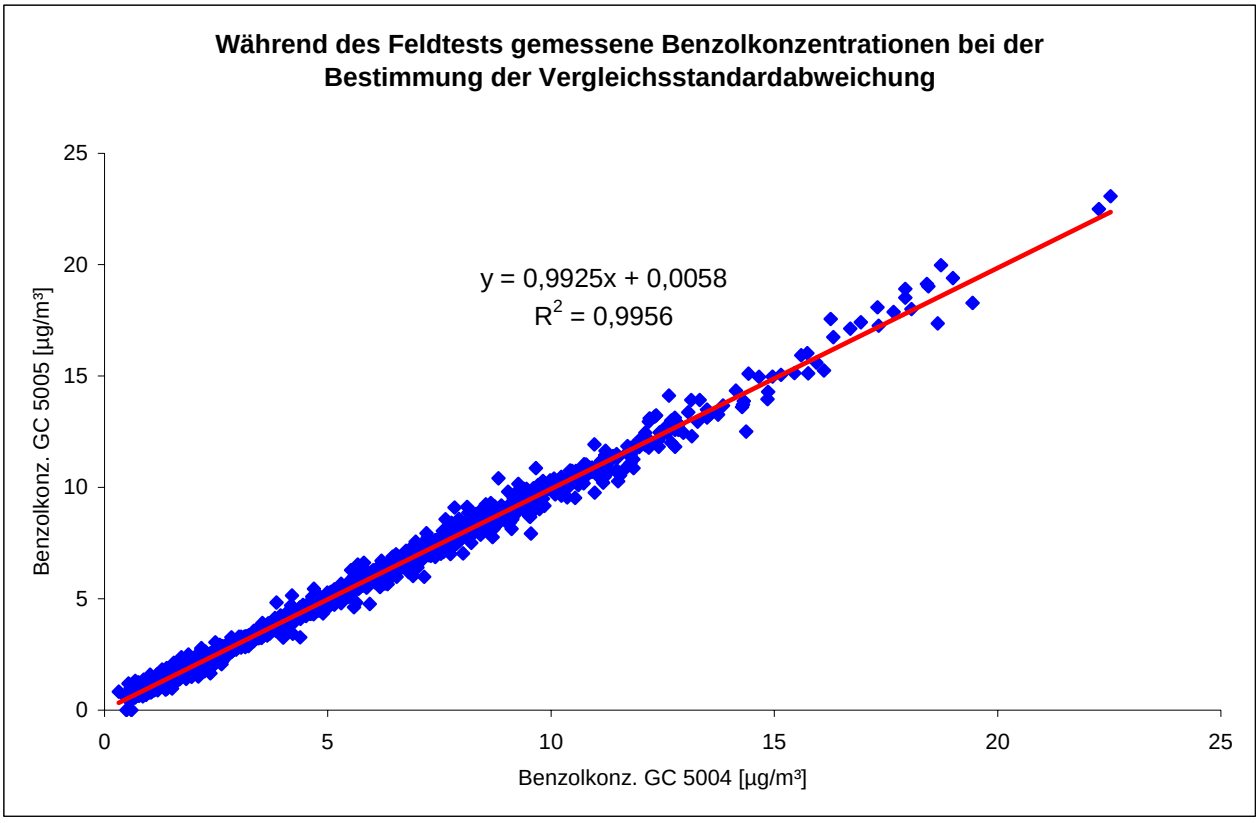



**Abb. 6.22.1:** Während des Feldtests gemessene Benzolkonzentrationen

## 6.23 Langzeitdrift

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 9

### 6.23.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.6.5 der DIN EN 14662-3 [3]

Der größte Wert der Langzeitdrift am Prüfwert $d_{14\,d}$ muss beim Feldtest über eine Driftperiode von 14 Tagen kleiner sein als ± 10 %.

### 6.23.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.23.3 Prüfung

Während der ersten 14 Tage des Feldtests müssen mindestens alle zwei Tage Einzelmessungen mit Prüfgas von einer Konzentration zwischen 70 % und 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs durchgeführt werden. Mindestens vier unabhängige, auf einander folgende Messungen sind durchzuführen. Die Messwerte sind aufzuzeichnen. Die übrige Zeit sind mindestens alle zwei Wochen Messungen mit Prüfgasen durchzuführen. Die Langzeitdrift wird aus den Mittelwerten der vierunabhängigen Messungen ermittelt.

Während des Feldtests dürfen keine Justierungen des Nullpunkts und des Referenzpunktes am Gerät durchgeführt werden.

### 6.23.4 Auswertung

Die Langzeitdrift wird folgendermaßen berechnet:

$$d_{14d} = \frac{\left|c_{MW,n} - c_{MW,n-1}\right|}{c_{MW,n}} \cdot 100\%$$

Dabei ist:

$d_{14\,d}$ die Drift bei der Prüfkonzentration $c_t$ als Prozentsatz;

$c_{MW,\,n}$ der Mittelwert der vier Analysen am Beginn der Driftperiode;

$c_{MW,\,n-1}$ der Mittelwert der vier Analysen am Ende der Driftperiode (14 d).

Die Messunsicherheit $u_d$ durch die Langzeitdrift am Prüfwert ist folgendermaßen zu berechnen:

$$u_d = \frac{\left|c_{MW,\,n} - c_{MW,\,n-1}\right|}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

### 6.23.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 6.23.6 Dokumentation

Zur Bestimmung der Langzeitdrift wurde während des Feldtests in den ersten zwei Wochen in einem Abstand von zwei bis drei Tagen Prüfgas mit einer Benzolkonzentration von ca. 42 µg/m³ jeweils für 2,5 Stun-

den (5 Messzyklen) aufgegeben. Zur Auswertung wurden jeweils vier Messzyklen verwendet, der erste Messzyklus wurde als Übergangswert verworfen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zum Driftverhalten des Prüfwertes sind nachfolgend graphisch und tabellarisch dargestellt.

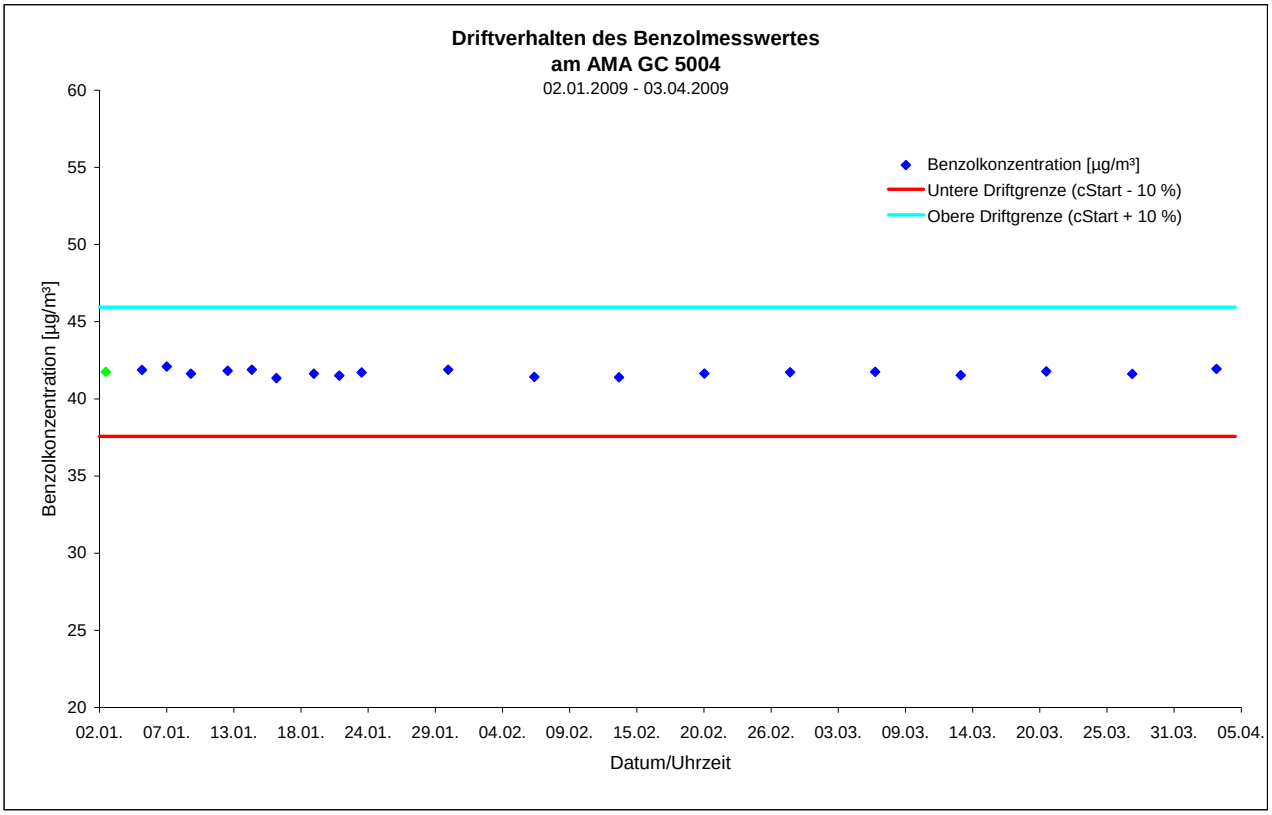



**Abb. 6.23.1:** Driftverhalten des Messwertes beim GC 5004

**Tabelle 6.23.1:** Berechnung der Langzeitdrift (14 d) des Messwertes (Sollwert: 41,8 µg/m³)

| | GC 5004 | | | GC 5005 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **[µg/m³]** | **$d_{14d}$ [%]** | **$u_d$ [µg/m³]** | **[µg/m³]** | **$d_{14d}$ [%]** | **$u_d$ [µg/m³]** |
| Mittelwerte | 41,7 | 0,6 | 0,08 | 41,9 | 1,2 | 0,14 |
| Minimalwert | 41,3 | 0,1 | 0,01 | 41,1 | 0,1 | 0,01 |
| **Maximalwert** | 42,1 | **1,4** | **0,17*** | 42,5 | **2,2** | **0,27*** |

*Werte werden zur Berechnung der Gesamtmessunsicherheit herangezogen

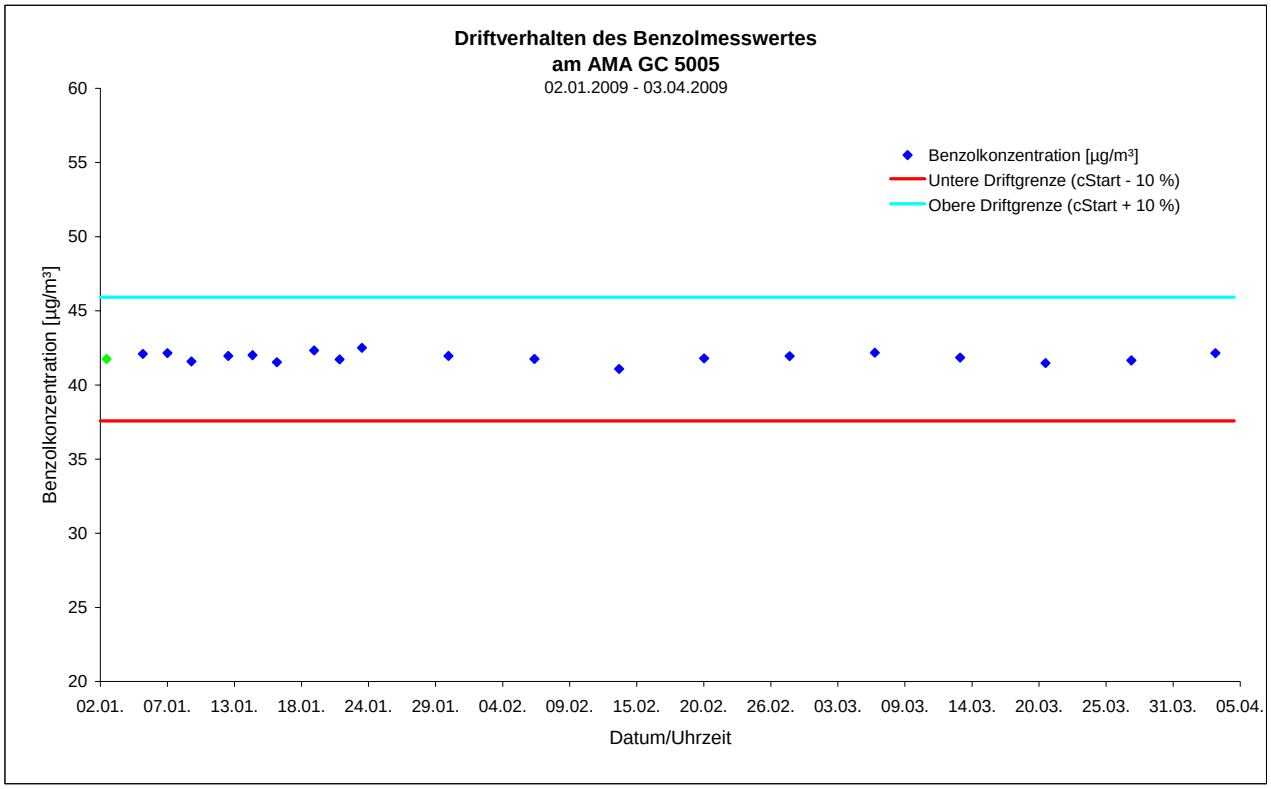



**Abb. 6.23.2:** Driftverhalten des Messwertes beim GC 5005

Wie man den beiden Abbildungen 6.23.1 und 6.23.2 entnehmen kann, zeigten beide Gaschromatographen während der 90 Tage im Feldtest keine signifikante Drift, so dass das maximal zulässige Wartungsintervall von vier Wochen festgesetzt werden kann (siehe auch Kapitel 6.14).

## 6.24 Kurzzeitdrift

### 6.24.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.4 der DIN EN 14662-3 [3]

Die Kurzzeitdrift am Prüfwert $d_{24h}$ muss unter Laborbedingungen über eine Driftperiode von 24 h kleiner sein als ± 5 %.

### 6.24.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Nullgas, Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.24.3 Prüfung

Auf das Gerät wird unter Laborbedingungen Prüfgas am Referenzpunkt aufgegeben. Dabei wird aus vier aufeinanderfolgenden Messungen der Mittelwert berechnet. Nach 24 h werden die Messungen am Referenzpunkt wiederholt.

### 6.24.4 Auswertung

Die Kurzzeitdrift am Referenzpunkt wird folgendermaßen berechnet:

$$d_{24h} = \frac{\left| c_{n,MW} - c_{n-1,MW} \right|}{c_{n,MW}} \cdot 100\%$$

Dabei ist

$d_{24h}$ die Drift am Prüfwert $c_t$ als Prozentwert;

$c_{n,\,MW}$ der Mittelwert der vier Analysen am Anfang der Driftperiode;

$c_{n-1,\,MW}$ der Mittelwert der vier Analysen am Ende der Driftperiode (24 h).

Die Standardmessunsicherheit $u_s$ durch die Kurzzeitdrift ist folgendermaßen nach ENV 13005 zu berechnen:

$$u_s = \frac{c_{n,MW} - c_{n-1,MW}}{2\sqrt{3}}$$

Das Ergebnis der Kurzzeitdrift wird nicht in die Gesamtmessunsicherheit eingeschlossen.

### 6.24.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 6.24.6 Dokumentation

Zur Berechnung der Kurzzeitdrift unter Laborbedingungen wurde den beiden Gaschromatographen eine Konzentration von ca. 42 µg/m³ über einen Zeitraum von 2,5 Stunden (5 Messzyklen) angeboten. Zur Auswertung wurde aus vier Messzyklen ein Mittelwert gebildet, der erste Messzyklus wurde als Übergangswert verworfen. Nach 24 h wurde die Messung wiederholt und erneut aus vier Messzyklen ein Mittelwert bestimmt.

Die daraus berechneten Werte für die Kurzzeitdrift $d_{24\,h}$ und für die Standardmessunsicherheit $u_s$ sind in Tabelle 6.24.1 dargestellt.

**Tabelle 6.24.1:** Berechnete Werte für die Kurzzeitdrift $d_{24\,h}$ und für die Standardmessunsicherheit $u_s$

| | **GC 5004** | **GC 5005** |
|---|---|---|
| Mittelwert 1 | 41,96 | 42,30 |
| Mittelwert 2 | 42,01 | 42,57 |
| **$d_{24\,h}$ [%]** | **0,13** | **0,65** |
| **$u_s$ [µg/m³]** | **-0,02** | **-0,08** |

## 6.25 Verschleppen (Memory-Effekt)

Die Einzelwerte der nachfolgend beschriebenen Prüfung befinden sich im separaten Materialienband in Kapitel M 10

### 6.25.1 Mindestanforderung gemäß Punkt 8.5.10 der DIN EN 14662-3 [3]

Die Benzolkonzentration der zweiten Nullgasanalyse, die direkt auf die Analyse einer hohen Benzolkonzentration folgt, muss kleiner sein als 0,5 µg/m³ (entspricht 10 % des Grenzwertes).

### 6.25.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung sind zusätzlich bereit zu stellen:

- Prüfstandards (z. B. Nullgas, Prüfgas geeigneter Konzentration)

### 6.25.3 Prüfung

Der Einfluss eines Memory-Effektes, der durch Zurückhalten von Benzol im Messsystem infolge ungeeigneter Materialien oder eines großen Totvolumens hervorgerufen wird, soll durch mehrfache Aufgabe von Nullgas und Prüfgas (Konzentration bei 70 – 80 % des Messbereichsendwertes) geprüft werden.

### 6.25.4 Auswertung

Die zweite Nullgasanalyse, die direkt auf die Analyse einer hohen Benzolkonzentration (70 – 80 % des Messbereichsendwertes) folgt, darf eine gemessene Benzolkonzentration von 10 % des Grenzwertes (0,5 µg/m³) nicht übersteigen.

### 6.25.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 6.25.6 Dokumentation

Zur Bestimmung des Memory-Effektes wurden abwechselnd Nullgas und Prüfgas mit einer Konzentration im Bereich von 70 – 80 % des Messbereichsendwertes (ca. 42 µg/m³) über einen Zeitraum von jeweils drei Stunden (6 Messwerte) auf die beiden Gaschromatographen in sechs aufeinander folgenden Zyklen aufgegeben. In der folgenden Tabelle 6.25.1 sind jeweils die ersten beiden Nullgasanalysenwerte (NGA) nach der letzten hohen Benzolkonzentration angegeben.

**Tabelle 6.25.1:** Ergebnisse zur Bestimmung des Memory-Effektes

| Zyklus | GC 5004 | | GC 5005 | |
|---|---|---|---|---|
| | 1. NGA | 2. NGA | 1. NGA | 2. NGA |
| 1 | 0,8 | **< 0,1** | < 0,1 | **< 0,1** |
| 2 | 0,8 | **< 0,1** | < 0,1 | **< 0,1** |
| 3 | 0,7 | **< 0,1** | < 0,1 | **< 0,1** |
| 4 | 0,9 | **< 0,1** | < 0,1 | **< 0,1** |
| 5 | 0,7 | **< 0,1** | < 0,1 | **< 0,1** |
| 6 | 0,5 | **< 0,1** | < 0,1 | **< 0,1** |

## 6.26 Gesamtmessunsicherheit gemäß Abschnitt 8.7 der DIN EN 14662-3 [3]

### 6.26.1 Mindestanforderung gemäß Abschnitt 8.7 der DIN EN 14662-3 [3]

Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Der ermittelte Wert darf die Vorgaben der EU-Tochterrichtlinien [8] zur Luftqualität nicht überschreiten (Anforderung an die Datenqualität: Für Benzol ist bei kontinuierlichen Messungen für die prozentuale erweiterte Messunsicherheit ein Maximalwert von 25 % zulässig).

### 6.26.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 6.26.3 Prüfung

Die Gesamtmessunsicherheit der Messwerte der Messeinrichtung ist für die in der Eignungsprüfung ermittelten Verfahrenskenngrößen der Messeinrichtung zusammenzustellen.

### 6.26.4 Auswertung

Die Berechnung der Gesamtmessunsicherheit wird in zwei Schritten durchgeführt:

1) berechnen der Gesamtmessunsicherheit mit den in den Laboruntersuchungen festgestellten Verfahrenskenngrößen;

2) erneute Berechnung der Gesamtmessunsicherheit nach a) für den Feldtest, indem an Stelle der Werte für die Kurzzeitdrift aus der Laboratoriumsuntersuchung die Werte der Langzeitdrift aus dem Feldversuch und an Stelle der Werte für die Wiederholpräzision (aus der Laboratoruntersuchung) die Werte der Vergleichspräzision im Feld eingesetzt werden.

Die kombinierte Messunsicherheit wird aus den einzelnen Beiträgen nach folgender Gleichung abgeschätzt:

$$u_c = c_{test}\sqrt{\sum \frac{u_i^2}{c_i^2}} \qquad \text{(Gl. 6.26.1)}$$

Dabei ist:

$u_c$ die mit der Benzolkonzentration $c_{test}$ verbundene kombinierte Messunsicherheit;

$u_i$ der partielle Beitrag zur Standardunsicherheit bei der Konzentration $c_i$.

Die erweiterte Messunsicherheit $U_c$ mit einem Vertrauensniveau von 95 % wird durch Multiplizieren von $u_c$ mit einem Erweiterungsfaktor von 2 erhalten.

### 6.26.5 Bewertung

Die Mindestanforderung der Norm ist erfüllt.

### 6.26.6 Dokumentation

Die Berechnung der Gesamtunsicherheit erfolgte gemäß den Vorgaben der DIN EN 14662-3 [3] in Anlehnung an das Beispiel in Anhang B der Norm. In der Tabelle 6.26.1 ist die Gesamtmessunsicherheit $u_c/c$ angegeben, die mit Hilfe der in den Laboruntersuchungen festgestellten Verfahrenskenngrößen berechnet wurde.

**Tabelle 6.26.1:** Gesamtmessunsicherheit $u_c/c$ für die Laboruntersuchungen

| **Gesamtmessunsicherheit für den Labortest** | | **GC 5004** | **GC 5005** | | **GC 5004** | **GC 5005** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unsicherheit des Prüfgases* | $u_{span}$ [µg/m³] | 0,06 | 0,06 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 5,0 | 5,0 |
| Anpassung der Kalibriergeraden | $u_{fit}$ [µg/m³] | 0,07 | 0,05 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 14,0 | 14,0 |
| Wiederholpräzision | $u_r$ [µg/m³] | 0,08 | 0,06 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 5,9 | 5,9 |
| Störung durch Ozon | $u_{O3}$ [µg/m³] | 0,01 | 0,02 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 41,7 | 41,7 |
| Störung durch organische Verbindungen | $u_{org}$ [µg/m³] | 0,14 | 0,20 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 41,7 | 41,7 |
| Störung durch relative Feuchte | $u_{rh}$ [µg/m³] | 0,15 | 0,09 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 41,7 | 41,7 |
| Abhängigkeit vom Luftdruck | $u_p$ [µg/m³] | 0,03 | 0,16 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 41,8 | 41,8 |
| Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur | $u_{Ts}$ [µg/m³] | 0,31 | 0,10 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 38,1 | 38,1 |
| Abhängigkeit von der Spannung | $u_V$ [µg/m³] | 0,13 | 0,01 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 41,7 | 41,7 |
| **Gesamtmessunsicherheit $u_c/c$ [%]** | | **2,2** | **1,8** | | | |
| **Erweiterte Messunsicherheit $U_{c, rel}$ [%]** | | **4,3** | **3,6** | | | |

*: Die Unsicherheit der Prüfgaserzeugung liegt bei ± 2,5 % (bez. auf 5 µg/m³). Standardverfahren über Jahre verifiziert

In der Tabelle 6.26.2 ist die Gesamtmessunsicherheit $u_c/c$ für den Feldtest angegeben.

**Tabelle 6.26.2:** Gesamtmessunsicherheit $u_c/c$ für die Feldversuche

| **Gesamtmessunsicherheit für den Feldtest** | | **GC 5004** | **GC 5005** | | **GC 5004** | **GC 5005** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unsicherheit des Prüfgases* | $u_{span}$ [µg/m³] | 0,06 | 0,06 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 5,0 | 5,0 |
| Anpassung der Kalibriergeraden | $u_{fit}$ [µg/m³] | 0,07 | 0,05 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 14,0 | 14,0 |
| Vergleichsstandardabweichung | $u_{rf}$ [µg/m³] | 0,14 | 0,14 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 41,8 | 41,8 |
| Störung durch Ozon | $u_{O3}$ [µg/m³] | 0,01 | 0,02 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 41,7 | 41,7 |
| Störung durch organische Verbindungen | $u_{org}$ [µg/m³] | 0,14 | 0,20 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 41,7 | 41,7 |
| Störung durch relative Feuchte | $u_{rh}$ [µg/m³] | 0,15 | 0,09 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 41,7 | 41,7 |
| Abhängigkeit vom Luftdruck | $u_p$ [µg/m³] | 0,03 | 0,16 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 41,8 | 41,8 |
| Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur | $u_{Ts}$ [µg/m³] | 0,31 | 0,10 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 38,1 | 38,1 |
| Abhängigkeit von der Spannung | $u_V$ [µg/m³] | 0,13 | 0,01 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 41,7 | 41,7 |
| Langzeitdrift | $u_d$ [µg/m³] | 0,17 | 0,27 | $c_{Benz.}$[µg/m³] | 41,8 | 41,8 |
| **Gesamtmessunsicherheit $u_c/c$ [%]** | | **1,7** | **1,6** | | | |
| **Erweiterte Messunsicherheit $U_{c, rel}$ [%]** | | **3,4** | **3,2** | | | |

*: Die Unsicherheit der Prüfgaserzeugung liegt bei ± 2,5 % (bez. auf 5 µg/m³). Standardverfahren über Jahre verifiziert

# 7 Literaturverzeichnis


[1] VDI-Richtlinie 4202 Blatt 1 - Entwurf: Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung; Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen; November 2007; Beuth-Verlag Berlin

[2] VDI-Richtlinie 4203 Blatt 3 - Entwurf: Prüfpläne für automatische Immissionsmesseinrichtungen; Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen; November 2007; Beuth-Verlag Berlin

[3] DIN EN 14662 - 3: Luftbeschaffenheit; Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen - Teil 3: Automatische Probenahme mit einer Pumpe mit gaschromatographischer In-situ-Bestimmung; August 2005; Beuth-Verlag Berlin

[4] VDI-Richtlinie 3490 Blatt 16: Messen von Gasen; Prüfgase; Herstellen von Prüfgasen mit Blenden-Mischstrecken; Oktober 1994; Beuth-Verlag Berlin

[5] VDI-Richtlinie 3490 Blatt 8: Messen von Gasen; Prüfgase; Herstellung durch kontinuierliche Injektion; Januar 1981; Beuth-Verlag Berlin

[6] DIN EN ISO/IEC 17025: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien; April 2000; Beuth-Verlag Berlin

[7] Betriebsanleitung des Gaschromatographen GC 5000 BTX (Modell FID) der Firma AMA-Instruments

[8] Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft; Abl. Nr. L313, S. 12

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Postfach 10 01 63 · 76231 Karlsruhe · Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und
Naturschutz Baden-Württemberg

# Materialienband

zur

Eignungsprüfung des Gaschromatographen

GC 5000 BTX (FID) für Benzol

Fa. AMA Instruments

LUBW-Berichtsnr: 143-02.R1/09-MB

| | |
|---|---|
| **AUFTRAGGEBER** | Fa. AMA Instruments GmbH<br>Söllinger Straße 100<br>89077 Ulm |
| **BEARBEITUNG** | LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg<br>Postfach 100163, 76231 Karlsruhe<br>Referat 14 – Geräte- und Produktsicherheit, Qualitätssicherung |
| **BERICHT-NR.** | 143-02.R1/09-MB |
| **ERSTELLUNGSDATUM** | 05.06.2009 |
| **BERICHTSUMFANG** | 33 Seiten |

DAP-PL-2921.00

Berichte und Anlagen dürfen nur unverändert weitergegeben werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung ist ohne schriftliche Genehmigung der LUBW nicht gestattet.

# 0. Inhaltsverzeichnis


| | | |
|---|---|---|
| M 1 | Wiederholpräzision | 4 |
| M 2 | Linearität (Lack-of-fit) (Anpassung der Kalibriergeraden) | 6 |
| M 3 | Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks | 14 |
| M 4 | Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungslufttemperatur | 16 |
| M 5 | Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung | 20 |
| M 6 | Querempfindlichkeiten – Ozon | 24 |
| M 7 | Querempfindlichkeiten – Feuchte | 25 |
| M 8 | Querempfindlichkeiten – Organischen Verbindungen | 27 |
| M 9 | Langzeitdrift | 30 |
| M 10 | Verschleppen (Memory-Effekt) | 32 |


## Begriffsbestimmung:

Prüfwert 1: 1/10 des Grenzwertes = 0,5 µg/m³*

Prüfwert 2: Referenzpunkt = 70 – 90 % des Maximums des zertifizierten Bereichs

Grenzwert: Jahresgrenzwert von Benzol = 5 µg/m³*

*: Die Prüfgasvorgabe erfolgte während der Eignungsprüfung über eine Gasmischapparatur (siehe Prüfbericht Kap. 4.1) mit fest vorgegebenen Verdünnungsstufen. Die Prüfgasvorgabe am Prüfwert 1 und am Grenzwert entsprechen deshalb nicht exakt den Vorgaben der DIN EN 14662-3. Mit 0,75 µg/m³ für Prüfwert 1 und 5,9 µg/m³ für den Grenzwert, wurden die Konzentrationen vorgegeben, die den geforderten Werten am besten entsprechen.

# M 1 Wiederholpräzision

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Hersteller:** | Fa AMA Instruments GmbH | **Umrechnung (ppm – mg/m³):** | 1 ppm = 3,25 mg/m³ (20°C; 1013 hPa) |
| **Serien-Nummer:** | 5004 bzw. 5005 | **Gasmischapparatur:** | Prüfeinr.-Nr.: 5300-60.3-03 |
| **Messbereich:** | 0 – 50 µg/m³ | **Vorgabekonzentration am Prüfwert 1** | 0,75 µg/m³ |
| **Prüfgas:** | Benzol (5,8 bzw. 3,3 ppm) | **Vorgabekonzentration am Grenzwert:** | 5,9 µg/m³ |

**Tabelle M 1.1:** Einzelwerte zur Bestimmung der Wiederholpräzision bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (GC 5004)

| Zyklus | $c_{test,\,i}$ | $c_{test,\,i} - c_{test,\,MW}$ | $(c_{test,\,i} - c_{test,\,MW})^2$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,81 | 0,01 | 0,0002 |
| 2 | 0,79 | -0,003 | 0,00001 |
| 3 | 0,78 | -0,01 | 0,0002 |
| 4 | 0,79 | -0,01 | 0,0001 |
| 5 | 0,83 | 0,03 | 0,001 |
| 6 | 0,79 | -0,003 | 0,00001 |
| 7 | 0,79 | -0,003 | 0,00001 |
| 8 | 0,75 | -0,05 | 0,002 |
| 9 | 0,79 | -0,01 | 0,0001 |
| 10 | 0,83 | 0,04 | 0,001 |
| **Mittelwert** | **0,79** | **Summe** | **0,005** |

**Tabelle M 1.2:** Einzelwerte zur Bestimmung der Wiederholpräzision bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (GC 5005)

| Zyklus | $c_{test,\,i}$ | $c_{test,\,i} - c_{test,\,MW}$ | $(c_{test,\,i} - c_{test,\,MW})^2$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,73 | -0,01 | 0,0001 |
| 2 | 0,80 | 0,06 | 0,003 |
| 3 | 0,72 | -0,03 | 0,0006 |
| 4 | 0,71 | -0,04 | 0,001 |
| 5 | 0,73 | -0,02 | 0,0002 |
| 6 | 0,68 | -0,06 | 0,004 |
| 7 | 0,75 | 0,01 | 0,0001 |
| 8 | 0,73 | -0,01 | 0,0001 |
| 9 | 0,71 | -0,03 | 0,0009 |
| 10 | 0,87 | 0,13 | 0,02 |
| **Mittelwert** | **0,74** | **Summe** | **0,003** |

**Tabelle M 1.3:** Einzelwerte zur Bestimmung der Wiederholpräzision bei Aufgabe Prüfgas im Bereich vom Grenzwert (GC 5004)

| Zyklus | $c_{test,\,i}$ | $c_{test,\,i} - c_{test,\,MW}$ | $(c_{test,\,i} - c_{test,\,MW})^2$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 5,8 | 0,10 | 0,01 |
| 2 | 5,8 | 0,11 | 0,01 |
| 3 | 5,6 | -0,10 | 0,01 |
| 4 | 5,6 | -0,09 | 0,01 |
| 5 | 5,6 | -0,09 | 0,01 |
| 6 | 5,8 | 0,02 | 0,001 |
| 7 | 5,8 | 0,08 | 0,01 |
| 8 | 5,8 | 0,04 | 0,001 |
| 9 | 5,7 | -0,04 | 0,002 |
| 10 | 5,7 | -0,03 | 0,001 |
| **Mittelwert** | **5,7** | **Summe** | **0,06** |

**Tabelle M 1.4:** Einzelwerte zur Bestimmung der Wiederholpräzision bei bei Aufgabe Prüfgas im Bereich vom Grenzwert (GC 5005)

| Zyklus | $c_{test,\,i}$ | $c_{test,\,i} - c_{test,\,MW}$ | $(c_{test,\,i} - c_{test,\,MW})^2$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 5,9 | 0,11 | 0,013 |
| 2 | 5,9 | 0,06 | 0,004 |
| 3 | 5,8 | 0,02 | 0,000 |
| 4 | 5,8 | -0,02 | 0,000 |
| 5 | 5,7 | -0,09 | 0,008 |
| 6 | 5,8 | -0,07 | 0,004 |
| 7 | 5,8 | -0,04 | 0,001 |
| 8 | 5,9 | 0,04 | 0,002 |
| 9 | 5,8 | -0,01 | 0,000 |
| 10 | 5,8 | -0,03 | 0,001 |
| **Mittelwert** | **5,8** | **Summe** | **0,03** |

# M 2 Linearität (Lack-of-fit) (Anpassung der Kalibriergeraden)

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Hersteller:** | Fa AMA Instruments GmbH | **Umrechnung (ppm – mg/m³):** | 1 ppm = 3,25 mg/m³ (20°C; 1013 hPa) |
| **Serien-Nummer:** | 5004 bzw. 5005 | **Gasmischapparatur (GMA):** | Prüfeinr.-Nr.: 5300-60.3-03 |
| **Messbereich:** | 0 – 50 µg/m³ | **Prüfgas:** | Benzol (5,8 bzw. 3,3 ppm) |

**Tabelle M 2.1:** Einzelwerte zur Bestimmung der Analysenfunktion und zur Überprüfung der Linearität am GC 5004 (Teil 1)

| Datum / Uhrzeit | $x_{Soll}$ [µg/m³] | Anzeige [µg/m³] | Zyklus |
|---|---|---|---|
| 10.12.2007 06:34 | 38,1 | 38,6 | 1 |
| 10.12.2007 07:04 | 38,1 | 38,8 | 1 |
| 10.12.2007 08:04 | 14,0 | 14,7 | 1 |
| 10.12.2007 08:34 | 14,0 | 14,6 | 1 |
| 10.12.2007 09:34 | 0,0 | 0,3 | 1 |
| 10.12.2007 10:04 | 0,0 | 0,2 | 1 |
| 10.12.2007 11:04 | 25,1 | 26,0 | 1 |
| 10.12.2007 11:34 | 25,1 | 26,0 | 1 |
| 10.12.2007 12:34 | 5,9 | 6,2 | 1 |
| 10.12.2007 13:04 | 5,9 | 6,5 | 1 |
| 10.12.2007 14:04 | 43,2 | 43,5 | 1 |
| 10.12.2007 14:34 | 43,2 | 43,1 | 1 |
| 10.12.2007 15:34 | 38,1 | 38,7 | 2 |
| 10.12.2007 16:04 | 38,1 | 39,0 | 2 |
| 10.12.2007 17:04 | 14,0 | 15,4 | 2 |
| 10.12.2007 17:34 | 14,0 | 14,8 | 2 |
| 10.12.2007 18:34 | 0,0 | 0,2 | 2 |
| 10.12.2007 19:04 | 0,0 | 0,2 | 2 |
| 10.12.2007 20:04 | 25,1 | 25,8 | 2 |
| 10.12.2007 20:34 | 25,1 | 25,6 | 2 |
| 10.12.2007 21:34 | 5,9 | 6,1 | 2 |
| 10.12.2007 22:04 | 5,9 | 6,3 | 2 |
| 10.12.2007 23:04 | 43,2 | 43,0 | 2 |
| 10.12.2007 23:34 | 43,2 | 43,4 | 2 |

**Tabelle M 2.2:** Einzelwerte zur Bestimmung der Analysenfunktion und zur Überprüfung der Linearität am GC 5004 (Teil 2)

| Datum / Uhrzeit | $x_{Soll}$ [µg/m³] | Anzeige [µg/m³] | Zyklus |
|---|---|---|---|
| 11.12.2007 00:34 | 38,1 | 38,8 | 3 |
| 11.12.2007 01:04 | 38,1 | 38,3 | 3 |
| 11.12.2007 02:04 | 14,0 | 14,7 | 3 |
| 11.12.2007 02:34 | 14,0 | 14,6 | 3 |
| 11.12.2007 04:34 | 0,0 | 0,0 | 3 |
| 11.12.2007 05:04 | 0,0 | 0,1 | 3 |
| 11.12.2007 06:04 | 25,1 | 25,4 | 3 |
| 11.12.2007 06:34 | 25,1 | 25,8 | 3 |
| 11.12.2007 07:34 | 5,9 | 6,1 | 3 |
| 11.12.2007 08:04 | 5,9 | 6,2 | 3 |
| 11.12.2007 09:04 | 43,2 | 43,5 | 3 |
| 11.12.2007 09:34 | 43,2 | 43,3 | 3 |
| 11.12.2007 10:34 | 38,1 | 38,6 | 4 |
| 11.12.2007 11:04 | 38,1 | 38,3 | 4 |
| 11.12.2007 12:04 | 14,0 | 14,8 | 4 |
| 11.12.2007 12:34 | 14,0 | 14,8 | 4 |
| 11.12.2007 13:34 | 0,0 | 0,7 | 4 |
| 11.12.2007 14:04 | 0,0 | 0,2 | 4 |
| 11.12.2007 15:04 | 25,1 | 26,1 | 4 |
| 11.12.2007 15:34 | 25,1 | 25,9 | 4 |
| 11.12.2007 16:34 | 5,9 | 6,3 | 4 |
| 11.12.2007 17:04 | 5,9 | 6,3 | 4 |
| 11.12.2007 18:04 | 43,2 | 42,9 | 4 |
| 11.12.2007 18:34 | 43,2 | 42,8 | 4 |

**Tabelle M 2.3:** Einzelwerte zur Bestimmung der Analysenfunktion und zur Überprüfung der Linearität am GC 5004 (Teil 3)

| Datum / Uhrzeit | $x_{Soll}$ [µg/m³] | Anzeige [µg/m³] | Zyklus |
|---|---|---|---|
| 11.12.2007 19:34 | 38,1 | 38,4 | 5 |
| 11.12.2007 20:04 | 38,1 | 38,5 | 5 |
| 11.12.2007 21:04 | 14,0 | 14,8 | 5 |
| 11.12.2007 21:34 | 14,0 | 14,7 | 5 |
| 11.12.2007 22:34 | 0,0 | 0,1 | 5 |
| 11.12.2007 23:04 | 0,0 | 0,2 | 5 |
| 12.12.2007 00:04 | 25,1 | 26,0 | 5 |
| 12.12.2007 00:34 | 25,1 | 25,7 | 5 |
| 12.12.2007 01:34 | 5,9 | 6,3 | 5 |
| 12.12.2007 02:04 | 5,9 | 6,1 | 5 |
| 12.12.2007 03:04 | 43,2 | 43,1 | 5 |
| 12.12.2007 03:34 | 43,2 | 43,2 | 5 |
| 12.12.2007 04:34 | 38,1 | 38,6 | 6 |
| 12.12.2007 05:04 | 38,1 | 38,3 | 6 |
| 12.12.2007 06:04 | 14,0 | 14,9 | 6 |
| 12.12.2007 06:34 | 14,0 | 14,7 | 6 |
| 12.12.2007 07:34 | 0,0 | 0,0 | 6 |
| 12.12.2007 08:04 | 0,0 | 0,1 | 6 |
| 12.12.2007 09:04 | 25,1 | 25,6 | 6 |
| 12.12.2007 09:34 | 25,1 | 25,7 | 6 |
| 12.12.2007 10:34 | 5,9 | 6,2 | 6 |
| 12.12.2007 11:04 | 5,9 | 6,4 | 6 |
| 12.12.2007 12:04 | 43,2 | 43,3 | 6 |
| 12.12.2007 12:34 | 43,2 | 43,1 | 6 |

**Tabelle M 2.4:** Einzelwerte zur Bestimmung der Analysenfunktion und zur Überprüfung der Linearität am GC 5005 (Teil 1)

| Datum / Uhrzeit | $x_{Soll}$ [µg/m³] | Anzeige [µg/m³] | Zyklus |
|---|---|---|---|
| 10.12.2007 06:34 | 38,1 | 38,2 | 1 |
| 10.12.2007 07:04 | 38,1 | 38,2 | 1 |
| 10.12.2007 08:04 | 14,0 | 14,3 | 1 |
| 10.12.2007 08:34 | 14,0 | 14,8 | 1 |
| 10.12.2007 09:34 | 0,0 | 0,2 | 1 |
| 10.12.2007 10:04 | 0,0 | 0,2 | 1 |
| 10.12.2007 11:04 | 25,1 | 25,3 | 1 |
| 10.12.2007 11:34 | 25,1 | 25,2 | 1 |
| 10.12.2007 12:34 | 5,9 | 6,2 | 1 |
| 10.12.2007 13:04 | 5,9 | 6,3 | 1 |
| 10.12.2007 14:04 | 43,2 | 42,8 | 1 |
| 10.12.2007 14:34 | 43,2 | 42,7 | 1 |
| 10.12.2007 15:34 | 38,1 | 38,1 | 2 |
| 10.12.2007 16:04 | 38,1 | 38,3 | 2 |
| 10.12.2007 17:04 | 14,0 | 14,2 | 2 |
| 10.12.2007 17:34 | 14,0 | 14,5 | 2 |
| 10.12.2007 18:34 | 0,0 | 0,2 | 2 |
| 10.12.2007 19:04 | 0,0 | 0,0 | 2 |
| 10.12.2007 20:04 | 25,1 | 25,1 | 2 |
| 10.12.2007 20:34 | 25,1 | 24,9 | 2 |
| 10.12.2007 21:34 | 5,9 | 6,1 | 2 |
| 10.12.2007 22:04 | 5,9 | 6,0 | 2 |
| 10.12.2007 23:04 | 43,2 | 42,5 | 2 |
| 10.12.2007 23:34 | 43,2 | 42,3 | 2 |

**Tabelle M 2.5:** Einzelwerte zur Bestimmung der Analysenfunktion und zur Überprüfung der Linearität am GC 5005 (Teil 2)

| Datum / Uhrzeit | $x_{Soll}$ [µg/m³] | Anzeige [µg/m³] | Zyklus |
|---|---|---|---|
| 11.12.2007 00:34 | 38,1 | 37,9 | 3 |
| 11.12.2007 01:04 | 38,1 | 37,4 | 3 |
| 11.12.2007 02:04 | 14,0 | 14,5 | 3 |
| 11.12.2007 02:34 | 14,0 | 14,2 | 3 |
| 11.12.2007 04:34 | 0,0 | 0,0 | 3 |
| 11.12.2007 05:04 | 0,0 | 0,2 | 3 |
| 11.12.2007 06:04 | 25,1 | 25,0 | 3 |
| 11.12.2007 06:34 | 25,1 | 25,2 | 3 |
| 11.12.2007 07:34 | 5,9 | 6,0 | 3 |
| 11.12.2007 08:04 | 5,9 | 5,8 | 3 |
| 11.12.2007 09:04 | 43,2 | 42,4 | 3 |
| 11.12.2007 09:34 | 43,2 | 42,0 | 3 |
| 11.12.2007 10:34 | 38,1 | 37,5 | 4 |
| 11.12.2007 11:04 | 38,1 | 37,7 | 4 |
| 11.12.2007 12:04 | 14,0 | 14,4 | 4 |
| 11.12.2007 12:34 | 14,0 | 14,1 | 4 |
| 11.12.2007 13:34 | 0,0 | 0,2 | 4 |
| 11.12.2007 14:04 | 0,0 | 0,2 | 4 |
| 11.12.2007 15:04 | 25,1 | 24,9 | 4 |
| 11.12.2007 15:34 | 25,1 | 24,8 | 4 |
| 11.12.2007 16:34 | 5,9 | 6,1 | 4 |
| 11.12.2007 17:04 | 5,9 | 6,0 | 4 |
| 11.12.2007 18:04 | 43,2 | 41,6 | 4 |
| 11.12.2007 18:34 | 43,2 | 42,2 | 4 |

**Tabelle M 2.6:** Einzelwerte zur Bestimmung der Analysenfunktion und zur Überprüfung der Linearität am GC 5005 (Teil 3)

| Datum / Uhrzeit | $x_{Soll}$ [µg/m³] | Anzeige [µg/m³] | Zyklus |
|---|---|---|---|
| 11.12.2007 19:34 | 38,1 | 36,9 | 5 |
| 11.12.2007 20:04 | 38,1 | 37,3 | 5 |
| 11.12.2007 21:04 | 14,0 | 14,1 | 5 |
| 11.12.2007 21:34 | 14,0 | 14,0 | 5 |
| 11.12.2007 22:34 | 0,0 | 0,2 | 5 |
| 11.12.2007 23:04 | 0,0 | 0,0 | 5 |
| 12.12.2007 00:04 | 25,1 | 24,6 | 5 |
| 12.12.2007 00:34 | 25,1 | 24,5 | 5 |
| 12.12.2007 01:34 | 5,9 | 5,9 | 5 |
| 12.12.2007 02:04 | 5,9 | 6,2 | 5 |
| 12.12.2007 03:04 | 43,2 | 41,9 | 5 |
| 12.12.2007 03:34 | 43,2 | 41,9 | 5 |
| 12.12.2007 04:34 | 38,1 | 37,2 | 6 |
| 12.12.2007 05:04 | 38,1 | 37,1 | 6 |
| 12.12.2007 06:04 | 14,0 | 14,1 | 6 |
| 12.12.2007 06:34 | 14,0 | 14,2 | 6 |
| 12.12.2007 07:34 | 0,0 | 0,4 | 6 |
| 12.12.2007 08:04 | 0,0 | 0,3 | 6 |
| 12.12.2007 09:04 | 25,1 | 24,3 | 6 |
| 12.12.2007 09:34 | 25,1 | 24,4 | 6 |
| 12.12.2007 10:34 | 5,9 | 6,3 | 6 |
| 12.12.2007 11:04 | 5,9 | 6,0 | 6 |
| 12.12.2007 12:04 | 43,2 | 41,2 | 6 |
| 12.12.2007 12:34 | 43,2 | 41,4 | 6 |

**Tabelle M 2.7:** Einzelwerte zur Bestimmung der Analysenfunktion und zur Überprüfung der Linearität am GC 5004 – Nachprüfung

| Datum / Uhrzeit | $x_{Soll}$ [µg/m³] | Anzeige [µg/m³] | Zyklus |
|---|---|---|---|
| 03.06.2008 07:04 | 38,1 | 37,4 | 1 |
| 03.06.2008 07:34 | 38,1 | 37,3 | 1 |
| 03.06.2008 08:34 | 14,0 | 13,9 | 1 |
| 03.06.2008 09:04 | 14,0 | 13,9 | 1 |
| 03.06.2008 10:04 | 0,0 | 0,0 | 1 |
| 03.06.2008 10:34 | 0,0 | 0,0 | 1 |
| 03.06.2008 11:34 | 25,1 | 24,5 | 1 |
| 03.06.2008 12:04 | 25,1 | 24,8 | 1 |
| 03.06.2008 13:04 | 5,9 | 5,8 | 1 |
| 03.06.2008 13:34 | 5,9 | 5,7 | 1 |
| 03.06.2008 14:34 | 43,2 | 42,0 | 1 |
| 03.06.2008 15:04 | 43,2 | 42,0 | 1 |
| 03.06.2008 16:04 | 38,1 | 37,4 | 2 |
| 03.06.2008 16:34 | 38,1 | 37,4 | 2 |
| 03.06.2008 17:34 | 14,0 | 14,0 | 2 |
| 03.06.2008 18:04 | 14,0 | 13,8 | 2 |
| 04.06.2008 07:04 | 0,0 | 0,0 | 2 |
| 04.06.2008 07:34 | 0,0 | 0,0 | 2 |
| 04.06.2008 08:34 | 25,1 | 24,6 | 2 |
| 04.06.2008 09:04 | 25,1 | 24,8 | 2 |
| 04.06.2008 10:04 | 5,9 | 5,8 | 2 |
| 04.06.2008 10:34 | 5,9 | 5,7 | 2 |
| 04.06.2008 11:34 | 43,2 | 42,5 | 2 |
| 04.06.2008 12:04 | 43,2 | 42,4 | 2 |

**Tabelle M 2.8:** Einzelwerte zur Bestimmung der Analysenfunktion und zur Überprüfung der Linearität am GC 5005 – Nachprüfung

| Datum / Uhrzeit | $x_{Soll}$ [µg/m³] | Anzeige [µg/m³] | Zyklus |
|---|---|---|---|
| 03.06.2008 07:04 | 38,1 | 37,5 | 1 |
| 03.06.2008 07:34 | 38,1 | 37,4 | 1 |
| 03.06.2008 08:34 | 14,0 | 13,9 | 1 |
| 03.06.2008 09:04 | 14,0 | 14,1 | 1 |
| 03.06.2008 10:04 | 0,0 | 0,0 | 1 |
| 03.06.2008 10:34 | 0,0 | 0,0 | 1 |
| 03.06.2008 11:34 | 25,1 | 24,7 | 1 |
| 03.06.2008 12:04 | 25,1 | 24,5 | 1 |
| 03.06.2008 13:04 | 5,9 | 6,1 | 1 |
| 03.06.2008 13:34 | 5,9 | 5,8 | 1 |
| 03.06.2008 14:34 | 43,2 | 42,5 | 1 |
| 03.06.2008 15:04 | 43,2 | 42,2 | 1 |
| 03.06.2008 16:04 | 38,1 | 37,8 | 2 |
| 03.06.2008 16:34 | 38,1 | 37,6 | 2 |
| 03.06.2008 17:34 | 14,0 | 13,9 | 2 |
| 03.06.2008 18:04 | 14,0 | 13,9 | 2 |
| 04.06.2008 07:04 | 0,0 | 0,0 | 2 |
| 04.06.2008 07:34 | 0,0 | 0,0 | 2 |
| 04.06.2008 08:34 | 25,1 | 24,5 | 2 |
| 04.06.2008 09:04 | 25,1 | 24,8 | 2 |
| 04.06.2008 10:04 | 5,9 | 6,1 | 2 |
| 04.06.2008 10:34 | 5,9 | 5,7 | 2 |
| 04.06.2008 11:34 | 43,2 | 42,5 | 2 |
| 04.06.2008 12:04 | 43,2 | 42,4 | 2 |

# M 3 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Hersteller:** | Fa AMA Instruments GmbH | **Umrechnung (ppm – mg/m³):** | 1 ppm = 3,25 mg/m³ (20°C; 1013 hPa) |
| **Serien-Nummer:** | 5004 bzw. 5005 | **Gasmischapparatur:** | Prüfeinr.-Nr.: 5300-60.3-03 |
| **Messbereich:** | 0 – 50 µg/m³ | **Vorgabekonzentration am Prüfwert** | 41,8 µg/m³ |
| **Prüfgas:** | Benzol (5,8 bzw. 3,3 ppm) | | |

**Tabelle M 3.1:** Einzelwerte zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten des Probengasdrucks am GC 5004

| Datum / Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | Druck [hPa] | Temperatur [°C] |
|---|---|---|---|
| 02.01.2009 12:35 | 41,85 | 1013 | 23,0 |
| 05.01.2009 11:35 | 41,87 | 1004 | 22,0 |
| 07.01.2009 12:05 | 42,09 | 1009 | 22,0 |
| 09.01.2009 11:35 | 41,63 | 1017 | 22,5 |
| 12.01.2009 12:05 | 41,82 | 1019 | 22,5 |
| 14.01.2009 11:35 | 41,89 | 1003 | 21,5 |
| 16.01.2009 11:35 | 41,34 | 1011 | 21,0 |
| 19.01.2009 13:05 | 41,63 | 985 | 21,5 |
| 21.01.2009 15:05 | 41,51 | 995 | 22,5 |
| 23.01.2009 11:05 | 41,71 | 970 | 22,5 |
| 30.01.2009 13:05 | 41,89 | 1012 | 22,5 |
| 06.02.2009 14:35 | 41,43 | 981 | 20,0 |
| 13.02.2009 13:04 | 41,40 | 1008 | 20,5 |
| 20.02.2009 12:34 | 41,64 | 1015 | 20,0 |
| 27.02.2009 13:04 | 41,72 | 1008 | 20,0 |
| 06.03.2009 12:34 | 41,76 | 980 | 20,5 |
| 13.03.2009 12:34 | 41,53 | 1009 | 19,5 |
| 20.03.2009 12:34 | 41,78 | 1017 | 19,0 |
| 27.03.2009 13:34 | 41,62 | 991 | 19,0 |
| 03.04.2009 11:04 | 41,94 | 1004 | 19,5 |

**Tabelle M 3.2:** Einzelwerte zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten des Probengasdrucks am GC 5005

| Datum / Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | Druck [hPa] | Temperatur [°C] |
|---|---|---|---|
| 02.01.2009 12:35 | 41,68 | 1013 | 23,0 |
| 05.01.2009 11:35 | 42,09 | 1004 | 22,0 |
| 07.01.2009 12:05 | 42,15 | 1009 | 22,0 |
| 09.01.2009 11:35 | 41,58 | 1017 | 22,5 |
| 12.01.2009 12:05 | 41,95 | 1019 | 22,5 |
| 14.01.2009 11:35 | 42,01 | 1003 | 21,5 |
| 16.01.2009 11:35 | 41,53 | 1011 | 21,0 |
| 19.01.2009 13:05 | 42,33 | 985 | 21,5 |
| 21.01.2009 15:05 | 41,73 | 995 | 22,5 |
| 23.01.2009 11:05 | 42,50 | 970 | 22,5 |
| 30.01.2009 13:05 | 41,95 | 1012 | 22,5 |
| 06.02.2009 14:35 | 41,76 | 981 | 20,0 |
| 13.02.2009 13:04 | 41,07 | 1008 | 20,5 |
| 20.02.2009 12:34 | 41,79 | 1015 | 20,0 |
| 27.02.2009 13:04 | 41,94 | 1008 | 20,0 |
| 06.03.2009 12:34 | 42,18 | 980 | 20,5 |
| 13.03.2009 12:34 | 41,85 | 1009 | 19,5 |
| 20.03.2009 12:34 | 41,47 | 1017 | 19,0 |
| 27.03.2009 13:34 | 41,66 | 991 | 19,0 |
| 03.04.2009 11:04 | 42,14 | 1004 | 19,5 |

# M 4 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungslufttemperatur

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Hersteller:** | Fa AMA Instruments GmbH | **Umrechnung (ppm – mg/m³):** | 1 ppm = 3,25 mg/m³ (20°C; 1013 hPa) |
| **Serien-Nummer:** | 5004 bzw. 5005 | **Gasmischapparatur:** | Prüfeinr.-Nr.: 5300-60.3-03 |
| **Messbereich:** | 0 – 50 µg/m³ | **Vorgabekonzentration am Prüfwert 1** | 0,75 µg/m³ |
| **Prüfgas:** | Benzol (5,8 bzw. 3,3 ppm) | **Vorgabekonzentration am Prüfwert 2:** | 38,1 µg/m³ |

**Tabelle M 4.1:** Einzelwerte zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungsluft-temperatur bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 (GC 5004)

| Datum / Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | Temperatur [°C] | Feuchte [% rF] |
|---|---|---|---|
| 27.05.2008 15:34 | 37,1 | 20,0 | 50,3 |
| 27.05.2008 16:04 | 37,2 | 20,0 | 50,3 |
| 27.05.2008 16:34 | 37,3 | 20,0 | 50,3 |
| 27.05.2008 17:04 | 37,3 | 20,0 | 50,3 |
| **Mittelwert** | **37,2** | **20,0** | **50,3** |
| 27.05.2008 20:34 | 36,8 | 5,0 | 50,3 |
| 27.05.2008 21:04 | 36,8 | 5,0 | 50,3 |
| 27.05.2008 21:34 | 37,0 | 5,0 | 50,3 |
| 27.05.2008 22:04 | 36,9 | 5,0 | 50,3 |
| **Mittelwert** | **36,9** | **5,0** | **50,3** |
| 28.05.2008 06:34 | 37,2 | 20,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 07:04 | 37,4 | 20,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 07:34 | 37,4 | 20,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 08:04 | 37,4 | 20,0 | 50,3 |
| **Mittelwert** | **37,4** | **20,0** | **50,3** |
| 28.05.2008 11:34 | 38,0 | 35,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 12:04 | 37,9 | 35,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 12:34 | 38,1 | 35,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 13:04 | 37,9 | 35,0 | 50,3 |
| **Mittelwert** | **38,0** | **35,0** | **50,3** |
| 28.05.2008 21:34 | 37,8 | 20,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 22:04 | 38,0 | 20,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 22:34 | 38,0 | 20,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 23:04 | 37,9 | 20,0 | 50,3 |
| **Mittelwert** | **37,9** | **20,0** | **50,3** |

**Tabelle M 4.2:** Einzelwerte zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungsluft-temperatur bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (GC 5004)

| Datum / Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | Temperatur [°C] | Feuchte [% rF] |
|---|---|---|---|
| 13.05.2009 17:34 | 0,95 | 20,0 | 47,9 |
| 13.05.2009 18:04 | 0,78 | 20,0 | 47,9 |
| 13.05.2009 18:34 | 0,77 | 20,0 | 47,9 |
| 13.05.2009 19:04 | 0,73 | 20,0 | 47,9 |
| **Mittelwert** | **0,81** | **20,0** | **47,9** |
| 13.05.2009 21:04 | 0,72 | 5,0 | 47,9 |
| 13.05.2009 21:34 | 0,82 | 5,0 | 47,9 |
| 13.05.2009 22:04 | 0,74 | 5,0 | 47,9 |
| 13.05.2009 22:34 | 0,76 | 5,0 | 47,9 |
| **Mittelwert** | **0,76** | **5,0** | **47,9** |
| 14.05.2009 00:34 | 0,75 | 20,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 01:04 | 0,66 | 20,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 01:34 | 0,71 | 20,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 02:04 | 0,82 | 20,0 | 47,9 |
| **Mittelwert** | **0,74** | **20,0** | **47,9** |
| 14.05.2009 04:08 | 0,75 | 35,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 04:39 | 0,74 | 35,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 05:04 | 0,82 | 35,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 05:38 | 0,74 | 35,0 | 47,9 |
| **Mittelwert** | **0,76** | **35,0** | **47,9** |
| 14.05.2009 07:34 | 0,94 | 20,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 08:04 | 0,80 | 20,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 08:34 | 0,83 | 20,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 09:04 | 0,81 | 20,0 | 47,9 |
| **Mittelwert** | **0,85** | **20,0** | **47,9** |

**Tabelle M 4.3:** Einzelwerte zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungsluft-temperatur bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 (GC 5005)

| Datum / Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | Temperatur [°C] | Feuchte [% rF] |
|---|---|---|---|
| 27.05.2008 15:34 | 37,9 | 20,0 | 50,3 |
| 27.05.2008 16:04 | 38,1 | 20,0 | 50,3 |
| 27.05.2008 16:34 | 37,7 | 20,0 | 50,3 |
| 27.05.2008 17:04 | 38,6 | 20,0 | 50,3 |
| **Mittelwert** | **38,0** | **20,0** | **50,3** |
| 27.05.2008 20:34 | 37,9 | 5,0 | 50,3 |
| 27.05.2008 21:04 | 37,6 | 5,0 | 50,3 |
| 27.05.2008 21:34 | 37,5 | 5,0 | 50,3 |
| 27.05.2008 22:04 | 37,7 | 5,0 | 50,3 |
| **Mittelwert** | **37,7** | **5,0** | **50,3** |
| 28.05.2008 06:34 | 38,1 | 20,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 07:04 | 38,2 | 20,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 07:34 | 38,0 | 20,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 08:04 | 38,0 | 20,0 | 50,3 |
| **Mittelwert** | **38,1** | **20,0** | **50,3** |
| 28.05.2008 11:34 | 38,3 | 35,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 12:04 | 37,9 | 35,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 12:34 | 38,1 | 35,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 13:04 | 37,8 | 35,0 | 50,3 |
| **Mittelwert** | **38,0** | **35,0** | **50,3** |
| 28.05.2008 21:34 | 37,8 | 20,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 22:04 | 37,6 | 20,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 22:34 | 38,3 | 20,0 | 50,3 |
| 28.05.2008 23:04 | 37,9 | 20,0 | 50,3 |
| **Mittelwert** | **37,9** | **20,0** | **50,3** |

**Tabelle M 4.4:** Einzelwerte zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungsluft-temperatur bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (GC 5005)

| Datum / Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | Temperatur [°C] | Feuchte [% rF] |
|---|---|---|---|
| 13.05.2009 17:34 | 0,77 | 20,0 | 47,9 |
| 13.05.2009 18:04 | 0,76 | 20,0 | 47,9 |
| 13.05.2009 18:34 | 0,71 | 20,0 | 47,9 |
| 13.05.2009 19:04 | 0,82 | 20,0 | 47,9 |
| **Mittelwert** | **0,77** | **20,0** | **47,9** |
| 13.05.2009 21:04 | 0,73 | 5,0 | 47,9 |
| 13.05.2009 21:34 | 0,69 | 5,0 | 47,9 |
| 13.05.2009 22:04 | 0,74 | 5,0 | 47,9 |
| 13.05.2009 22:34 | 0,81 | 5,0 | 47,9 |
| **Mittelwert** | **0,74** | **5,0** | **47,9** |
| 14.05.2009 00:34 | 0,69 | 20,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 01:04 | 0,69 | 20,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 01:34 | 0,64 | 20,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 02:04 | 0,75 | 20,0 | 47,9 |
| **Mittelwert** | **0,69** | **20,0** | **47,9** |
| 14.05.2009 04:05 | 0,89 | 35,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 04:36 | 0,73 | 35,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 05:06 | 0,75 | 35,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 05:37 | 0,95 | 35,0 | 47,9 |
| **Mittelwert** | **0,83** | **35,0** | **47,9** |
| 14.05.2009 07:34 | 0,73 | 20,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 08:04 | 0,97 | 20,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 08:34 | 0,81 | 20,0 | 47,9 |
| 14.05.2009 09:04 | 0,81 | 20,0 | 47,9 |
| **Mittelwert** | **0,83** | **20,0** | **47,9** |

# M 5 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Hersteller:** | Fa AMA Instruments GmbH | **Umrechnung (ppm – mg/m³):** | 1 ppm = 3,25 mg/m³ (20°C; 1013 hPa) |
| **Serien-Nummer:** | 5004 bzw. 5005 | **Gasmischapparatur:** | Prüfeinr.-Nr.: 5300-60.3-03 |
| **Messbereich:** | 0 – 50 µg/m³ | **Vorgabekonzentration am Prüfwert 1** | 0,75 µg/m³ |
| **Prüfgas:** | Benzol (5,8 bzw. 3,3 ppm) | **Vorgabekonzentration am Prüfwert 2:** | 41,7 µg/m³ |

**Tabelle M 5.1:** Einzelwerte zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 (GC 5004)

| Datum / Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | Spannung [V] |
|---|---|---|
| 08.07.2008 09:35 | 41,68 | 230 |
| 08.07.2008 10:05 | 41,71 | 230 |
| 08.07.2008 10:35 | 41,76 | 230 |
| 08.07.2008 11:05 | 41,74 | 230 |
| **Mittelwert** | **41,73** | **230** |
| 08.07.2008 11:35 | 41,52 | 210 |
| 08.07.2008 12:05 | 41,39 | 210 |
| 08.07.2008 12:35 | 41,49 | 210 |
| 08.07.2008 13:05 | 41,55 | 210 |
| **Mittelwert** | **41,49** | **210** |
| 08.07.2008 13:35 | 41,80 | 245 |
| 08.07.2008 14:05 | 42,10 | 245 |
| 08.07.2008 14:35 | 41,93 | 245 |
| 08.07.2008 15:05 | 41,90 | 245 |
| **Mittelwert** | **41,93** | **245** |
| 08.07.2008 15:35 | 41,82 | 230 |
| 08.07.2008 16:05 | 41,81 | 230 |
| 08.07.2008 16:35 | 41,57 | 230 |
| 08.07.2008 17:05 | 41,72 | 230 |
| **Mittelwert** | **41,73** | **230** |

**Tabelle M 5.2:** Einzelwerte zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten der der elektrischen Spannung bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (GC 5004)

| Datum / Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | Spannung [V] |
|---|---|---|
| 19.05.2009 11:04 | 0,94 | 230 |
| 19.05.2009 11:34 | 0,90 | 230 |
| 19.05.2009 12:04 | 0,87 | 230 |
| 19.05.2009 12:34 | 0,95 | 230 |
| **Mittelwert** | **0,92** | **230** |
| 19.05.2009 13:04 | 0,81 | 210 |
| 19.05.2009 13:34 | 0,79 | 210 |
| 19.05.2009 14:04 | 0,73 | 210 |
| 19.05.2009 14:34 | 0,72 | 210 |
| **Mittelwert** | **0,76** | **210** |
| 19.05.2009 15:04 | 0,86 | 245 |
| 19.05.2009 15:34 | 0,84 | 245 |
| 19.05.2009 16:04 | 1,01 | 245 |
| 19.05.2009 16:34 | 0,96 | 245 |
| **Mittelwert** | **0,92** | **245** |
| 19.05.2009 17:04 | 0,85 | 230 |
| 19.05.2009 17:34 | 0,82 | 230 |
| 19.05.2009 18:04 | 0,77 | 230 |
| 19.05.2009 18:34 | 0,78 | 230 |
| **Mittelwert** | **0,81** | **230** |

**Tabelle M 5.3:** Einzelwerte zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten der der elektrischen Spannung bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2 (GC 5005)

| Datum / Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | Spannung [V] |
|---|---|---|
| 08.07.2008 09:34 | 41,21 | 230 |
| 08.07.2008 10:04 | 41,39 | 230 |
| 08.07.2008 10:34 | 40,98 | 230 |
| 08.07.2008 11:04 | 41,11 | 230 |
| **Mittelwert** | **41,17** | **230** |
| 08.07.2008 11:34 | 41,27 | 210 |
| 08.07.2008 12:04 | 41,28 | 210 |
| 08.07.2008 12:34 | 41,23 | 210 |
| 08.07.2008 13:04 | 41,27 | 210 |
| **Mittelwert** | **41,27** | **210** |
| 08.07.2008 13:34 | 41,04 | 245 |
| 08.07.2008 14:04 | 41,53 | 245 |
| 08.07.2008 14:34 | 41,04 | 245 |
| 08.07.2008 15:04 | 41,48 | 245 |
| **Mittelwert** | **41,27** | **245** |
| 08.07.2008 15:34 | 41,42 | 230 |
| 08.07.2008 16:04 | 41,89 | 230 |
| 08.07.2008 16:34 | 41,25 | 230 |
| 08.07.2008 17:04 | 41,19 | 230 |
| **Mittelwert** | **41,44** | **230** |

**Tabelle M 5.4:** Einzelwerte zur Bestimmung des Empfindlichkeitskoeffizienten der der elektrischen Spannung bei Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1 (GC 5005)

| Datum / Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | Spannung [V] |
|---|---|---|
| 19.05.2009 11:04 | 0,88 | 230 |
| 19.05.2009 11:34 | 0,79 | 230 |
| 19.05.2009 12:04 | 1,00 | 230 |
| 19.05.2009 12:34 | 0,70 | 230 |
| **Mittelwert** | **0,84** | **230** |
| 19.05.2009 13:04 | 0,77 | 210 |
| 19.05.2009 13:34 | 0,64 | 210 |
| 19.05.2009 14:04 | 0,72 | 210 |
| 19.05.2009 14:34 | 0,91 | 210 |
| **Mittelwert** | **0,76** | **210** |
| 19.05.2009 15:04 | 0,76 | 245 |
| 19.05.2009 15:34 | 0,79 | 245 |
| 19.05.2009 16:04 | 0,81 | 245 |
| 19.05.2009 16:34 | 0,82 | 245 |
| **Mittelwert** | **0,80** | **245** |
| 19.05.2009 17:04 | 0,69 | 230 |
| 19.05.2009 17:34 | 0,70 | 230 |
| 19.05.2009 18:04 | 0,75 | 230 |
| 19.05.2009 18:34 | 0,72 | 230 |
| **Mittelwert** | **0,72** | **230** |

# M 6 Querempfindlichkeiten – Ozon

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Hersteller:** | Fa AMA Instruments GmbH | **Umrechnung (ppm – mg/m³):** | 1 ppm = 3,25 mg/m³ (20°C; 1013 hPa) |
| **Serien-Nummer:** | 5004 bzw. 5005 | **Gasmischapparatur:** | Prüfeinr.-Nr.: 5300-60.3-03 |
| **Messbereich:** | 0 – 50 µg/m³ | **Vorgabekonzentration am Prüfwert 1** | 0,75 µg/m³ |
| **Prüfgas:** | Benzol (5,8 bzw. 3,3 ppm) | **Vorgabekonzentration am Prüfwert 2:** | 41,7 µg/m³ |

**Tabelle M 6.1:** Einzelwerte zur Bestimmung der Querempfindlichkeit gegenüber Ozon

| Datum/Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | | Betriebszustand |
|---|---|---|---|
| | GC 5004 | GC 5005 | |
| 22.05.2009 06:34 | 0,71 | 0,67 | Prüfgas (PW 1) |
| 22.05.2009 07:04 | 0,67 | 0,78 | Prüfgas (PW 1) |
| 22.05.2009 07:34 | 0,91 | 0,65 | Prüfgas (PW 1) |
| 22.05.2009 08:04 | 0,72 | 0,80 | Prüfgas (PW 1) |
| **Mittelwert** | **0,75** | **0,73** | |
| 22.05.2009 08:34 | 0,73 | 0,73 | Prüfgas (PW 1) + $O_3$ |
| 22.05.2009 09:04 | 0,67 | 0,76 | Prüfgas (PW 1) + $O_3$ |
| 22.05.2009 09:34 | 0,84 | 0,79 | Prüfgas (PW 1) + $O_3$ |
| 22.05.2009 10:04 | 0,67 | 0,65 | Prüfgas (PW 1) + $O_3$ |
| **Mittelwert** | **0,73** | **0,73** | |
| 22.05.2009 10:34 | 0,70 | 0,80 | Prüfgas (PW 1) |
| 22.05.2009 11:04 | 0,77 | 0,86 | Prüfgas (PW 1) |
| 22.05.2009 11:34 | 0,68 | 0,74 | Prüfgas (PW 1) |
| 22.05.2009 12:04 | 0,71 | 0,73 | Prüfgas (PW 1) |
| **Mittelwert** | **0,72** | **0,78** | |
| 03.07.2008 13:04 | 41,31 | 41,10 | Prüfgas (PW 2) |
| 03.07.2008 13:34 | 41,17 | 41,39 | Prüfgas (PW 2) |
| 03.07.2008 14:04 | 41,46 | 41,56 | Prüfgas (PW 2) |
| 03.07.2008 14:34 | 41,54 | 41,70 | Prüfgas (PW 2) |
| **Mittelwert** | **41,37** | **41,44** | |
| 03.07.2008 15:04 | 41,37 | 41,58 | Prüfgas (PW 2) + $O_3$ |
| 03.07.2008 15:34 | 41,18 | 41,35 | Prüfgas (PW 2) + $O_3$ |
| 03.07.2008 16:04 | 41,48 | 41,16 | Prüfgas (PW 2) + $O_3$ |
| 03.07.2008 16:34 | 41,51 | 41,55 | Prüfgas (PW 2) + $O_3$ |
| **Mittelwert** | **41,39** | **41,41** | |
| 03.07.2008 17:04 | 41,30 | 41,03 | Prüfgas (PW 2) |
| 03.07.2008 17:34 | 41,44 | 41,47 | Prüfgas (PW 2) |
| 03.07.2008 18:04 | 41,15 | 41,25 | Prüfgas (PW 2) |
| 03.07.2008 18:34 | 41,38 | 41,34 | Prüfgas (PW 2) |
| **Mittelwert** | **41,32** | **41,27** | |

**PW 1:** Prüfwert 1; **PW 2:** Prüfwert 2

# M 7 Querempfindlichkeiten – Feuchte

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Hersteller:** | Fa AMA Instruments GmbH | **Umrechnung (ppm – mg/m³):** | 1 ppm = 3,25 mg/m³ (20°C; 1013 hPa) |
| **Serien-Nummer:** | 5004 bzw. 5005 | **Gasmischapparatur:** | Prüfeinr.-Nr.: 5300-60.3-03 |
| **Messbereich:** | 0 – 50 µg/m³ | **Vorgabekonzentration am Prüfwert 1** | 0,75 µg/m³ |
| **Prüfgas:** | Benzol (5,8 bzw. 3,3 ppm) | **Vorgabekonzentration am Prüfwert 2:** | 41,7 µg/m³ |

Formeln zur Berechnung des Wasserdampfanteils im Grundgas:

$$\varphi = \frac{p_D}{p_{s,tk}}$$ Relative Feuchte [%]

$$p_{s,\,tk} = c_1 \cdot e^{\frac{c_2 \cdot t_k}{c_3 + t_k}}$$ Sättigungsdampfdruck

$$f = \frac{\rho_{H_2O} \cdot p_D}{p_U - p_D}$$ Feuchteanteil im Grundgas [g/m³]

$$V_f = V_{N,\,tr.} + V_{H_2O}$$ Grundgasstrom feucht [ml/min]

$$V_{H_2O} = V_{N,\,tr.} \cdot \frac{p_D}{p_U - p_D}$$ Wasseranteil im Grundgasstrom [ml/min]

damit gilt:

$$V_f = V_{N,\,tr.} + V_{N,\,tr.} \cdot \frac{\varphi \cdot p_{s,tk}}{p_U - \varphi \cdot p_{s,tk}}$$ Grundgasstrom feucht [ml/min]

| | |
|---|---|
| φ | relative Feuchte [%] |
| $p_D$ | Wasserdampfpartialdruck |
| $p_{s,\,tk}$ | Sättigungsdampfdruck [hPa] |
| $t_k$ | Temperatur [°C] |
| $c_1$ | Konstante; $c_1$ = 6,1078 |
| $c_2$ | Konstante; $c_2$ = 17,08085 |
| $c_3$ | Konstante; $c_3$ = 234,175 |
| f | Feuchteanteil im Grundgas [g/m³] |
| ρ ($H_20$) | Dichte des Wasser (0,804) [kg/m³] |
| $p_U$ | Umgebungsdruck [hPa] |
| $V_{N,\,tr}$ | Grundgasstrom trocken [ml/min] |
| $V_{H2O}$ | Wasseranteil im Grundgasstrom [ml/min] |

**Tabelle M 7.1:** Einzelwerte zur Bestimmung der Querempfindlichkeit gegenüber der relativen Feuchte

| Datum/Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | | Temperatur [°C] | Feuchte [%] | $p_{Umg}$ [hPa] | Vol-% Feuchte in SL | Betriebszustand |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GC 5004 | GC 5005 | | | | | |
| 11.07.2008 10:05 | 40,3 | 39,9 | 26,4 | 2,7 | 999 | 0,09 | Prüfgas (2) trocken |
| 11.07.2008 10:35 | 40,5 | 40,8 | 26,3 | 2,8 | 999 | 0,10 | Prüfgas (2) trocken |
| 11.07.2008 11:05 | 40,2 | 41,2 | 26,4 | 2,8 | 999 | 0,10 | Prüfgas (2) trocken |
| 11.07.2008 11:35 | 40,3 | 40,5 | 26,4 | 2,9 | 999 | 0,10 | Prüfgas (2) trocken |
| **Mittelwert** | **40,3** | **40,6** | **26,4** | **2,8** | **999** | **0,10** | |
| 11.07.2008 12:05 | 39,7 | 40,4 | 26,4 | 19,1 | 999 | 0,66 | Prüfgas (2) + 20 % rF |
| 11.07.2008 12:35 | 40,0 | 40,3 | 26,5 | 19,1 | 1000 | 0,66 | Prüfgas (2) + 20 % rF |
| 11.07.2008 13:05 | 39,8 | 40,1 | 26,4 | 19,0 | 1000 | 0,66 | Prüfgas (2) + 20 % rF |
| 11.07.2008 13:35 | 39,9 | 40,4 | 26,4 | 19,2 | 1000 | 0,66 | Prüfgas (2) + 20 % rF |
| **Mittelwert** | **39,8** | **40,3** | **26,4** | **19,1** | **1000** | **0,66** | |
| **Mittelwert (korr.)** | **40,1** | **40,5** | | | | | |
| 11.07.2008 14:35 | 40,0 | 40,4 | 26,5 | 75,1 | 999 | 2,60 | Prüfgas (2) + 80 % rF |
| 11.07.2008 15:05 | 39,9 | 40,2 | 26,3 | 75,5 | 999 | 2,59 | Prüfgas (2) + 80 % rF |
| 11.07.2008 15:35 | 39,8 | 40,3 | 26,3 | 77,8 | 999 | 2,68 | Prüfgas (2) + 80 % rF |
| 11.07.2008 16:05 | 40,2 | 40,3 | 26,3 | 80,2 | 1000 | 2,75 | Prüfgas (2) + 80 % rF |
| **Mittelwert** | **40,0** | **40,3** | **26,4** | **77,2** | **999** | **2,66** | |
| **Mittelwert (korr.)** | **41,0** | **41,3** | | | | | |
| 11.07.2008 17:05 | 41,3 | 41,7 | 26,5 | 3,1 | 1000 | 0,11 | Prüfgas (2) trocken |
| 11.07.2008 17:35 | 41,4 | 41,7 | 26,5 | 3,0 | 999 | 0,10 | Prüfgas (2) trocken |
| 11.07.2008 18:05 | 41,7 | 41,4 | 26,4 | 2,9 | 1000 | 0,10 | Prüfgas (2) trocken |
| 11.07.2008 18:35 | 41,5 | 41,7 | 26,4 | 2,9 | 1000 | 0,10 | Prüfgas (2) trocken |
| **Mittelwert** | **41,5** | **41,6** | **26,4** | **3,0** | **1000** | **0,10** | |
| 28.05.2009 09:04 | 0,71 | 0,68 | 22,9 | 2,8 | 1014 | 0,08 | Prüfgas (1) trocken |
| 28.05.2009 09:34 | 0,67 | 0,75 | 22,8 | 2,8 | 1014 | 0,08 | Prüfgas (1) trocken |
| 28.05.2009 10:04 | 0,76 | 0,64 | 23,0 | 2,8 | 1015 | 0,08 | Prüfgas (1) trocken |
| 28.05.2009 10:34 | 0,68 | 0,66 | 23,5 | 2,7 | 1015 | 0,08 | Prüfgas (1) trocken |
| **Mittelwert** | **0,71** | **0,68** | **23,0** | **2,8** | **1015** | **0,08** | |
| 28.05.2009 11:34 | 0,64 | 0,73 | 23,0 | 19,8 | 1015 | 0,55 | Prüfgas (1) + 20 % rF |
| 28.05.2009 12:04 | 0,64 | 0,64 | 22,8 | 20,4 | 1015 | 0,56 | Prüfgas (1) + 20 % rF |
| 28.05.2009 12:34 | 0,77 | 0,67 | 22,8 | 20,2 | 1015 | 0,55 | Prüfgas (1) + 20 % rF |
| 28.05.2009 13:04 | 0,68 | 0,75 | 22,8 | 20,3 | 1016 | 0,55 | Prüfgas (1) + 20 % rF |
| **Mittelwert** | **0,68** | **0,70** | **22,8** | **20,2** | **1015** | **0,55** | |
| **Mittelwert (korr.)** | **0,69** | **0,70** | | | | | |
| 28.05.2009 13:34 | 0,65 | 0,67 | 22,7 | 80,4 | 1015 | 2,19 | Prüfgas (1) + 80 % rF |
| 28.05.2009 14:04 | 0,61 | 0,61 | 22,3 | 81,6 | 1015 | 2,17 | Prüfgas (1) + 80 % rF |
| 28.05.2009 14:34 | 0,62 | 0,60 | 22,4 | 79,7 | 1016 | 2,13 | Prüfgas (1) + 80 % rF |
| 28.05.2009 15:04 | 0,66 | 0,80 | 22,4 | 79,5 | 1016 | 2,13 | Prüfgas (1) + 80 % rF |
| **Mittelwert** | **0,64** | **0,67** | **22,5** | **80,3** | **1016** | **2,15** | |
| **Mittelwert (korr.)** | **0,65** | **0,68** | | | | | |
| 28.05.2009 15:34 | 0,66 | 0,80 | 19,6 | 3,5 | 1015 | 0,08 | Prüfgas (1) trocken |
| 28.05.2009 16:04 | 0,70 | 0,77 | 19,5 | 3,4 | 1014 | 0,08 | Prüfgas (1) trocken |
| 28.05.2009 16:34 | 0,67 | 0,72 | 19,0 | 3,4 | 1015 | 0,07 | Prüfgas (1) trocken |
| 28.05.2009 17:04 | 0,71 | 0,75 | 19,2 | 3,4 | 1015 | 0,07 | Prüfgas (1) trocken |
| **Mittelwert** | **0,69** | **0,76** | **19,3** | **3,4** | **1015** | **0,08** | |

# M 8 Querempfindlichkeiten – Organischen Verbindungen

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Hersteller:** | Fa AMA Instruments GmbH | **Umrechnung (ppm – mg/m³):** | 1 ppm = 3,25 mg/m³ (20°C; 1013 hPa) |
| **Serien-Nummer:** | 5004 bzw. 5005 | **Gasmischapparatur:** | Prüfeinr.-Nr.: 5300-60.3-03 |
| **Messbereich:** | 0 – 50 µg/m³ | **Vorgabekonzentration am Prüfwert 1** | 0,75 µg/m³ |
| **Prüfgas:** | Benzol (5,8 bzw. 3,3 ppm) | **Vorgabekonzentration am Prüfwert 2:** | 41,7 µg/m³ |

**Störkomponente 1:**

*Gemisch aus:*

| | |
|---|---|
| Tetrachlorkohlenstoff | 10,3 µg/m³, |
| Cyclohexan | 4,5 µg/m³, |
| Trichlorethylen | 5,9 µg/m³, |
| n-Heptan | 3,9 µg/m³ |

**Störkomponente 2:**

| | |
|---|---|
| 2-Methylhexan | 4,5 µg/m³ |

**Störkomponente 3:**

| | |
|---|---|
| Methylcyclopentan | 7,8 µg/m³ |

**Störkomponente 4:**

| | |
|---|---|
| 2,4-Dimethylpentan | 9,5 µg/m³ |

**Tabelle M 8.1:** Einzelwerte zur Bestimmung der Querempfindlichkeit gegenüber organischen Verbindungen (Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 1)

| Datum/Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | | Betriebszustand |
|---|---|---|---|
| | GC 5004 | GC 5005 | |
| 27.05.2009 07:34 | 0,85 | 0,77 | Prüfgas (1) |
| 27.05.2009 08:04 | 0,66 | 0,79 | Prüfgas (1) |
| 27.05.2009 08:34 | 0,73 | 0,68 | Prüfgas (1) |
| 27.05.2009 09:04 | 0,72 | 0,86 | Prüfgas (1) |
| **Mittelwert** | **0,74** | **0,78** | |
| 27.05.2009 05:34 | 0,73 | 0,75 | Prüfgas (1) + Störkomponente 1 |
| 27.05.2009 06:04 | 0,72 | 0,66 | Prüfgas (1) + Störkomponente 1 |
| 27.05.2009 06:34 | 0,73 | 0,69 | Prüfgas (1) + Störkomponente 1 |
| 27.05.2009 07:04 | 0,69 | 0,78 | Prüfgas (1) + Störkomponente 1 |
| **Mittelwert** | **0,72** | **0,72** | |
| 26.05.2009 10:34 | 0,71 | 0,79 | Prüfgas (1) |
| 26.05.2009 11:04 | 0,76 | 0,76 | Prüfgas (1) |
| 26.05.2009 11:34 | 0,79 | 0,80 | Prüfgas (1) |
| 26.05.2009 12:04 | 0,70 | 0,81 | Prüfgas (1) |
| **Mittelwert** | **0,74** | **0,79** | |
| 26.05.2009 12:34 | 0,71 | 0,73 | Prüfgas (1) + Störkomponente 2 |
| 26.05.2009 13:04 | 0,69 | 0,73 | Prüfgas (1) + Störkomponente 2 |
| 26.05.2009 13:34 | 0,76 | 0,71 | Prüfgas (1) + Störkomponente 2 |
| 26.05.2009 14:04 | 0,75 | 0,75 | Prüfgas (1) + Störkomponente 2 |
| **Mittelwert** | **0,73** | **0,73** | |
| 25.05.2009 17:04 | 0,76 | 0,76 | Prüfgas (1) |
| 25.05.2009 17:34 | 0,71 | 0,75 | Prüfgas (1) |
| 25.05.2009 18:04 | 0,81 | 0,94 | Prüfgas (1) |
| 25.05.2009 18:34 | 0,77 | 0,79 | Prüfgas (1) |
| **Mittelwert** | **0,76** | **0,81** | |
| 25.05.2009 15:04 | 0,72 | 0,79 | Prüfgas (1) + Störkomponente 3 |
| 25.05.2009 15:34 | 0,73 | 0,89 | Prüfgas (1) + Störkomponente 3 |
| 25.05.2009 16:04 | 0,71 | 0,80 | Prüfgas (1) + Störkomponente 3 |
| 25.05.2009 16:34 | 0,70 | 0,66 | Prüfgas (1) + Störkomponente 3 |
| **Mittelwert** | **0,72** | **0,79** | |
| 25.05.2009 09:04 | 0,78 | 0,78 | Prüfgas (1) |
| 25.05.2009 09:34 | 0,71 | 0,71 | Prüfgas (1) |
| 25.05.2009 10:04 | 0,73 | 0,74 | Prüfgas (1) |
| 25.05.2009 10:34 | 0,87 | 0,98 | Prüfgas (1) |
| **Mittelwert** | **0,77** | **0,80** | |
| 25.05.2009 11:04 | 0,76 | 0,75 | Prüfgas (1) + Störkomponente 4 |
| 25.05.2009 11:34 | 0,72 | 0,89 | Prüfgas (1) + Störkomponente 4 |
| 25.05.2009 12:04 | 0,84 | 0,92 | Prüfgas (1) + Störkomponente 4 |
| 25.05.2009 12:34 | 0,72 | 0,82 | Prüfgas (1) + Störkomponente 4 |
| **Mittelwert** | **0,76** | **0,85** | |

**Tabelle M 8.2:** Einzelwerte zur Bestimmung der Querempfindlichkeit gegenüber organischen Verbindungen (Aufgabe von Prüfgas im Bereich von Prüfwert 2)

| Datum/Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | | Betriebszustand |
|---|---|---|---|
| | GC 5004 | GC 5005 | |
| 01.07.2008 13:34 | 40,33 | 40,39 | Prüfgas (2) + Störkomponente 1 |
| 01.07.2008 14:04 | 41,48 | 40,14 | Prüfgas (2) + Störkomponente 1 |
| 01.07.2008 14:34 | 40,27 | 40,10 | Prüfgas (2) + Störkomponente 1 |
| 01.07.2008 15:04 | 40,26 | 40,05 | Prüfgas (2) + Störkomponente 1 |
| **Mittelwert** | **40,59** | **40,17** | |
| 01.07.2008 15:34 | 40,31 | 40,75 | Prüfgas (2) |
| 01.07.2008 16:04 | 40,68 | 40,65 | Prüfgas (2) |
| 01.07.2008 16:34 | 40,51 | 40,91 | Prüfgas (2) |
| 01.07.2008 17:04 | 40,50 | 40,98 | Prüfgas (2) |
| **Mittelwert** | **40,50** | **40,82** | |
| 02.07.2008 16:34 | 41,20 | 40,86 | Prüfgas (2) |
| 02.07.2008 17:04 | 40,95 | 41,19 | Prüfgas (2) |
| 02.07.2008 17:34 | 41,03 | 41,25 | Prüfgas (2) |
| 02.07.2008 18:04 | 41,24 | 40,78 | Prüfgas (2) |
| **Mittelwert** | **41,11** | **41,02** | |
| 02.07.2008 18:34 | 41,44 | 40,82 | Prüfgas (2) + Störkomponente 3 |
| 02.07.2008 19:04 | 40,98 | 40,88 | Prüfgas (2) + Störkomponente 3 |
| 02.07.2008 19:34 | 41,56 | 40,91 | Prüfgas (2) + Störkomponente 3 |
| 02.07.2008 20:04 | 40,89 | 40,90 | Prüfgas (2) + Störkomponente 3 |
| **Mittelwert** | **41,22** | **40,88** | |
| 03.07.2008 09:34 | 41,25 | 41,41 | Prüfgas (2) + Störkomponente 2 |
| 03.07.2008 10:04 | 41,29 | 41,38 | Prüfgas (2) + Störkomponente 2 |
| 03.07.2008 10:34 | 41,05 | 41,60 | Prüfgas (2) + Störkomponente 2 |
| 03.07.2008 11:04 | 41,39 | 41,23 | Prüfgas (2) + Störkomponente 2 |
| **Mittelwert** | **41,24** | **41,40** | |
| 03.07.2008 11:34 | 41,16 | 41,28 | Prüfgas (2) |
| 03.07.2008 12:04 | 41,36 | 41,08 | Prüfgas (2) |
| 03.07.2008 12:34 | 41,32 | 41,38 | Prüfgas (2) |
| 03.07.2008 13:04 | 41,31 | 41,10 | Prüfgas (2) |
| **Mittelwert** | **41,29** | **41,21** | |
| 24.03.2009 11:04 | 41,51 | 41,55 | Prüfgas (2) |
| 24.03.2009 11:34 | 42,15 | 42,42 | Prüfgas (2) |
| 24.03.2009 12:34 | 41,64 | 42,42 | Prüfgas (2) |
| 24.03.2009 13:04 | 42,39 | 42,42 | Prüfgas (2) |
| **Mittelwert** | **41,92** | **42,20** | |
| 24.03.2009 14:04 | 41,74 | 42,16 | Prüfgas (2) + Störkomponente 4 |
| 24.03.2009 14:34 | 41,72 | 41,89 | Prüfgas (2) + Störkomponente 4 |
| 24.03.2009 15:04 | 41,57 | 42,35 | Prüfgas (2) + Störkomponente 4 |
| 24.03.2009 15:34 | 41,98 | 43,23 | Prüfgas (2) + Störkomponente 4 |
| **Mittelwert** | **41,75** | **42,41** | |

# M 9 Langzeitdrift

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Hersteller:** | Fa AMA Instruments GmbH | **Umrechnung (ppm – mg/m³):** | 1 ppm = 3,25 mg/m³ (20°C; 1013 hPa) |
| **Serien-Nummer:** | 5004 bzw. 5005 | **Gasmischapparatur:** | Prüfeinr.-Nr.: 5300-60.3-03 |
| **Messbereich:** | 0 – 50 µg/m³ | **Vorgabekonzentration am Prüfwert** | 41,8 µg/m³ |
| **Prüfgas:** | Benzol (5,8 bzw. 3,3 ppm) | | |

**Tabelle M 9.1:** Einzelwerte zur Bestimmung der Langzeitdrift (Teil 1)

| Datum | GC 5004 | | GC 5005 | | Stunden [h] | Tage [d] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | Abw. [%] | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | Abw. [%] | | |
| **02.01.2009 12:33** | **41,8** | **-** | **41,8** | **-** | **-** | **-** |
| 05.01.2009 11:33 | 41,9 | 0,3 | 42,1 | 0,8 | 71,0 | 3 |
| 07.01.2009 12:03 | 42,1 | 0,8 | 42,2 | 1,0 | 119,5 | 5 |
| 09.01.2009 11:33 | 41,6 | 0,3 | 41,6 | 0,4 | 167,0 | 7 |
| 12.01.2009 12:03 | 41,8 | 0,2 | 42,0 | 0,5 | 239,5 | 10 |
| 14.01.2009 11:33 | 41,9 | 0,3 | 42,0 | 0,6 | 287,0 | 12 |
| 16.01.2009 11:33 | 41,3 | 1,0 | 41,5 | 0,5 | 335,0 | 14 |
| 19.01.2009 13:03 | 41,6 | 0,3 | 42,3 | 1,4 | 408,5 | 17 |
| 21.01.2009 15:03 | 41,5 | 0,6 | 41,7 | 0,1 | 458,5 | 19 |
| 23.01.2009 11:03 | 41,7 | 0,1 | 42,5 | 1,8 | 502,5 | 21 |
| 30.01.2009 13:03 | 41,9 | 0,3 | 42,0 | 0,5 | 672,5 | 28 |
| 06.02.2009 14:33 | 41,4 | 0,8 | 41,8 | 0,0 | 842,0 | 35 |
| 13.02.2009 13:04 | 41,4 | 0,8 | 41,1 | 1,6 | 1008,5 | 42 |
| 20.02.2009 12:34 | 41,6 | 0,3 | 41,8 | 0,1 | 1176,0 | 49 |
| 27.02.2009 13:04 | 41,7 | 0,1 | 41,9 | 0,4 | 1344,5 | 56 |
| 06.03.2009 12:34 | 41,8 | 0,0 | 42,2 | 1,0 | 1512,0 | 63 |
| 13.03.2009 12:34 | 41,5 | 0,5 | 41,8 | 0,2 | 1680,0 | 70 |
| 20.03.2009 12:34 | 41,8 | 0,1 | 41,5 | 0,7 | 1848,0 | 77 |
| 27.03.2009 13:34 | 41,6 | 0,3 | 41,7 | 0,2 | 2017,0 | 84 |
| 03.04.2009 11:04 | 41,9 | 0,5 | 42,1 | 0,9 | 2182,5 | 91 |
| **Mittelwert** | 41,7 | 0,4 | 41,9 | 0,7 | | |
| **Minimalwert** | 41,3 | 0,01 | 41,1 | 0,01 | | |
| **Maximalwert** | 42,1 | 1,0 | 42,5 | 1,8 | | |

**Tabelle M 9.1:** Einzelwerte zur Bestimmung der Langzeitdrift (Teil 2)

| Datum | GC 5004 | | GC 5005 | |
|---|---|---|---|---|
| | $d_{14d}$ [%] | $u_d$ [µg/m³] | $d_{14d}$ [%] | $u_d$ [µg/m³] |
| 16.01.2009 11:33 | 1,0 | 0,12 | 0,5 | 0,06 |
| 19.01.2009 13:03 | 0,6 | 0,07 | 0,6 | 0,07 |
| 21.01.2009 15:03 | 1,4 | 0,17 | 1,0 | 0,12 |
| 23.01.2009 11:03 | 0,2 | 0,02 | 2,2 | 0,27 |
| 30.01.2009 13:03 | 1,3 | 0,16 | 1,0 | 0,12 |
| 06.02.2009 14:33 | 0,7 | 0,08 | 1,8 | 0,22 |
| 13.02.2009 13:04 | 1,2 | 0,14 | 2,1 | 0,25 |
| 20.02.2009 12:34 | 0,5 | 0,06 | 0,1 | 0,01 |
| 27.02.2009 13:04 | 0,8 | 0,09 | 2,1 | 0,25 |
| 06.03.2009 12:34 | 0,3 | 0,03 | 0,9 | 0,11 |
| 13.03.2009 12:34 | 0,5 | 0,05 | 0,2 | 0,03 |
| 20.03.2009 12:34 | 0,1 | 0,01 | 1,7 | 0,20 |
| 27.03.2009 13:34 | 0,2 | 0,03 | 0,5 | 0,05 |
| 03.04.2009 11:04 | 0,4 | 0,05 | 1,6 | 0,19 |
| **Mittelwert** | **0,6** | **0,08** | **1,2** | **0,14** |
| **Minimalwert** | **0,1** | **0,01** | **0,1** | **0,01** |
| **Maximalwert** | **1,4** | **0,17** | **2,2** | **0,27** |

# M 10 Verschleppen (Memory-Effekt)

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Hersteller:** | Fa AMA Instruments GmbH | **Umrechnung (ppm – mg/m³):** | 1 ppm = 3,25 mg/m³ (20°C; 1013 hPa) |
| **Serien-Nummer:** | 5004 bzw. 5005 | **Gasmischapparatur:** | Prüfeinr.-Nr.: 5300-60.3-03 |
| **Messbereich:** | 0 – 50 µg/m³ | **Vorgabekonzentration am Prüfwert** | 41,7 µg/m³ |
| **Prüfgas:** | Benzol (5,8 bzw. 3,3 ppm) | | |

**Tabelle M 10.1:** Einzelwerte zur Bestimmung des Memory-Effekts

| Datum/Uhrzeit | $c_{Benzol}$ [µg/m³] | | |
|---|---|---|---|
| | GC 5004 | GC 5005 | |
| 06.06.2008 17:04 | 41,8 | 42,4 | |
| 06.06.2008 17:34 | 0,8 | < 0,1 | 1. Nullgasanalysenwert |
| 06.06.2008 18:04 | **< 0,1** | **< 0,1** | 2. Nullgasanalysenwert |
| 06.06.2008 23:04 | 41,9 | 42,4 | |
| 06.06.2008 23:34 | 0,8 | < 0,1 | 1. Nullgasanalysenwert |
| 07.06.2008 00:04 | **< 0,1** | **< 0,1** | 2. Nullgasanalysenwert |
| 07.06.2008 05:04 | 42,2 | 42,3 | |
| 07.06.2008 05:34 | 0,7 | < 0,1 | 1. Nullgasanalysenwert |
| 07.06.2008 06:04 | **< 0,1** | **< 0,1** | 2. Nullgasanalysenwert |
| 07.06.2008 11:04 | 42,1 | 42,0 | |
| 07.06.2008 11:34 | 0,9 | < 0,1 | 1. Nullgasanalysenwert |
| 07.06.2008 12:04 | **< 0,1** | **< 0,1** | 2. Nullgasanalysenwert |
| 07.06.2008 17:04 | 42,0 | 42,2 | |
| 07.06.2008 17:34 | 0,7 | < 0,1 | 1. Nullgasanalysenwert |
| 07.06.2008 18:04 | **< 0,1** | **< 0,1** | 2. Nullgasanalysenwert |
| 07.06.2008 23:04 | 41,8 | 42,8 | |
| 07.06.2008 23:34 | 0,5 | < 0,1 | 1. Nullgasanalysenwert |
| 08.06.2008 00:04 | **< 0,1** | **< 0,1** | 2. Nullgasanalysenwert |

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Postfach 10 01 63 · 76231 Karlsruhe · Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de

AMA INSTRUMENTS

# GC-5000-BTX

BTX Analyzer

# Bedienungsanleitung

Sehr geehrter Anwender,

das Team der AMA Instruments GmbH gratuliert Ihnen zum Erwerb eines Analysengerätes vom Typ **AMA GC 5000 BTX**. Wir sind sicher, daß unser System zu Ihrer vollen Zufriedenheit arbeiten wird und hoffen, daß diese Betriebsanleitung den Einstieg in das Arbeiten mit unserem System erleichtert. Sollten dennoch Rückfragen oder Schwierigkeiten auftauchen, zögern Sie nicht mit uns Kontakt aufzunehmen. Sie erreichen uns unter folgender Adresse:

**AMA Instruments GmbH**

**Söflinger Str. 100**

**89077 Ulm**

**Deutschland**

**Tel.: 0049 (0) 731 / 93321-00**
**Fax.: 0049 (0) 731 / 93321-10**

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

# Inhalt


| | | Seite |
|---|---|---|
| **Teil I:** | **Anreicherungsmodul** | |
| 1.0 | Allgemeine Hinweise | 6 |
| 1.1 | Anwendung | 6 |
| 1.2 | Funktionsweise | 6 |
| 1.3 | Grundaufbau | 7 |
| 1.4 | Installation | 8 |
| 1.4.1 | Aufstellungsort | 8 |
| 1.4.2 | Elektrische Anschlüsse | 8 |
| 1.4.3 | Gasanschlüsse | 8 |
| 1.5 | Inbetriebnahme | 9 |
| 1.6 | Abbildungen | 9 |
| 1.7 | Außerbetriebnahme | 11 |
| 1.8 | Kalibriergasanschluß (Option) | 11 |
| 1.9 | Grundkalibrierung | 12 |
| **Teil II:** | **GC-Modul** | |
| 2.0 | Allgemeines | 13 |
| 2.1 | Steuerung | 13 |
| 2.2 | Säulenofen | 13 |
| 2.3 | Trennsäulen | 13 |
| 2.4 | Detektor | 13 |
| 2.5 | Eingabe von Parametern | 13 |
| 2.6 | Trennsäulenanschluß | 13 |
| **Teil III** | **Gerätesteuerung** | |
| 3.0 | Generell | 15 |
| 3.1 | Hauptfenster: Programm (Main window: Program) | 15 |
| 3.2 | Menü (Menu) | 17 |
| 3.2.1 | Parameter | 17 |
| 3.2.1.1 | Änderungen freigeben (Unlock) | 17 |
| 3.2.1.2 | Ändern des Paßwortes (Change password) | 18 |
| 3.2.1.3 | Betriebsmodus (Operation mode) | 18 |
| 3.2.1.4 | Fernsteuerung (Remote control) | 18 |
| 3.2.1.4.1 | COM Parameter | 19 |
| 3.2.1.4.2 | ID Codes | 19 |
| 3.2.1.4.3 | Anzahl der Komponenten (Number of components) | 20 |
| 3.2.1.4.4 | Val./Cal. on cal. gas request | 20 |
| 3.2.1.4.5 | Protokoll Bytes | 20 |
| 3.2.1.5 | Methode (Method) | 21 |
| 3.2.1.6 | Analyse (Analysis) | 22 |
| 3.2.1.7 | GC Ofen Parameter (GC oven parameter) | 23 |
| 3.2.1.8 | Kalibrierung (Calibration) | 25 |
| 3.2.1.8.1 | Kalibrier-/Validier-Setup (Autocal./Autoval. setup) | 25 |
| 3.2.1.8.2 | Prüfgaskonzentrationen (Calibration gas concentration) | 26 |
| 3.2.1.9 | Konfiguration der analogen Ausgänge (Analog output configuration) | 26 |
| 3.2.2 | Programmschritte (Program steps) | 29 |
| 3.2.2.1 | Programmschritte Anreicherung (Program steps Enrichment) | 29 |
| 3.2.2.2 | Programmablauf GC-Ofen (GC oven program) | 31 |
| 3.2.3 | Ereignisanzeige (View events) | 31 |
| 3.2.4 | Ergebnisanzeige (View results) | 32 |
| 3.2.5 | Manueller Start eines Kalibrierlaufs (Run calibration) | 33 |
| 3.2.5 | Manueller Start eines Validierlaufs (Run validation) | 33 |


*Copyright by AMA Instruments GmbH*

| | | |
|---|---|---|
| 3.2.7 | Chrom Perfect | 33 |
| 3.2.7.1 | Analysis | 33 |
| 3.2.7.2 | File Editor | 33 |
| 3.2.8 | Hilfe (?) | 33 |
| 3.3 | Bedienung über Tasten und LCD Anzeige auf der Gerätefront | 34 |

**Teil IV** **Bedienung**

| | | |
|---|---|---|
| 4.0 | Programmierung bzw. Eingabe der Werte | 37 |
| 4.1 | Programmierung Sollwerte Anreicherung | 38 |
| 4.1.1 | Vorspülzeit der Probenleitung | 38 |
| 4.1.2 | Anreicherungstemperatur BTX-Stufe | 38 |
| 4.1.3 | Probenahmezeit | 38 |
| 4.1.4 | Probenahmevolumen | 38 |
| 4.1.5 | Errechneter Probengasfluß | 38 |
| 4.1.6 | Injektionstemperatur der BTX Stufe | 38 |
| 4.1.7 | Injektionszeit der BTX Stufe | 38 |
| 4.1.8 | Zykluszeit | 38 |
| 4.1.9 | Chrom Perfect Methode (Chrom Perfect method) | 38 |
| 4.1.10 | Temperatur des Ventilofens | 38 |
| 4.1.11 | Temperatur des Detektors | 39 |
| 4.1.12 | Wasserstoffffluß (Hydrogen flow) | 40 |
| 4.2 | Programmierung Sollwerte GC Modul | 40 |
| 4.2.1 | Anfangstemperatur | 40 |
| 4.2.2 | Isotherme Anfangszeit | 40 |
| 4.2.3 | Heizrate 1 | 40 |
| 4.2.4 | Endtemperatur 1 | 40 |
| 4.2.5 | Haltezeit 1 | 40 |
| 4.2.6 | Heizrate 2 | 40 |
| 4.2.7 | Endtemperatur 2 | 40 |
| 4.2.8 | Haltezeit 2 | 41 |
| 4.2.9 | Heizrate 3 | 41 |
| 4.2.10 | Endtemperatur 3 | 41 |
| 4.2.11 | Isotherme Nachlaufzeit | 41 |
| 4.2.12 | Gesamtzeit Temperaturprogramm | 41 |

| | | |
|---|---|---|
| 5.0 | Programmierbeispiel | 42 |

| | | |
|---|---|---|
| 6.0 | Fehler und Alarmmeldungen, Warnungen | 43 |
| 6.1 | Warnungen | 43 |
| 6.1.1 | Warnung 1 | 43 |
| 6.1.2 | Warnung 2 | 43 |
| 6.2 | Alarme | 43 |
| 6.2.1 | Alarm 1 | 44 |
| 6.2.2 | Alarm 2 | 44 |
| 6.2.3 | Alarm 5 | 45 |
| 6.2.4 | Alarm 6 | 45 |
| 6.2.5 | Alarm 7 | 46 |
| 6.3 | Fehler | 46 |
| 6.3.1 | Fehler 1 | 46 |
| 6.3.2 | Fehler 2 | 46 |
| 6.3.3 | Fehler 7 | 47 |
| 6.3.4 | Fehler 8 | 47 |
| 6.3.5 | Fehler 9 | 47 |
| 6.3.6 | Fehler 10 | 47 |
| 6.3.7 | Fehler 11 | 47 |
| 6.3.8 | Fehler 13 | 48 |


*Copyright by AMA Instruments GmbH*

| | | |
|---|---|---|
| 7.0 | Kurzanleitung: Bedienung der Chromatographiesoftware „Chrom Perfect“ | 49 |
| 7.1 | Softwarearchitektur | 49 |
| 7.2 | Optimierung der Messungen | 49 |
| 7.3 | Kalibrierung unter „GC 5000-Control Software“ | 53 |
| 7.4 | Neue Meßaufgaben | 53 |
| 7.5 | Nachträgliche Datenauswertung | 55 |
| 7.6 | Nachträgliche Erstellung einer Sequenzdatei | 58 |
| 8.0 | Wartung | 60 |
| 8.1 | Austausch der BTX-Stufe | 60 |
| 8.2 | Wartung der Pumpe | 60 |
| 8.3 | Reinigung der Eingangsfilters des MFCs | 60 |
| 8.4 | Austausch der Trennsäule | 60 |
| 8.5 | Detektor Signal Justierung | 61 |
| 8.6 | Kontrolle der Glühkerze | 61 |
| 8.7 | Überprüfung der Thermoelemente | 61 |
| 8.8 | Überprüfung der Heizpatronen des Detektors und des Ventilofens | 61 |
| 8.9 | Austausch der PID Lampe | 62 |
| 8.10 | Reinigen des Lampenfensters | 62 |
| 8.11 | Austausch des Rotors des Drehventils | 62 |
| 8.12 | Austausch des GC-Ofen-Motors | 62 |
| 8.13 | Austausch des Rückwandlüfters | 63 |
| 8.14 | Wartungsplan | 63 |
| 9.0 | Garantie | 63 |
| 10.0 | Technische Daten | 64 |
| 11.0 | Fehlerbeseitigung | 66 |
| 12.0 | CE Deklaration | 67 |


*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Um das Verständnis zu erleichtern, ist dieses Manual in mehrere Blöcke aufgeteilt. Dies erfolgt, obwohl das Gerät an sich nicht in diese Module getrennt ist.
Beschrieben werden folgende Bereiche:

- Teil 1: Anreicherungsmodul
  Betrifft alles, was mit der Probe bis zur Injektion passiert
- Teil 2: GC-Modul
  Betrifft alles, was den GC-Ofen und den Detektor betrifft
- Teil 3: Gerätesteuerung
  Betrifft die Bedienung des Gerätes, Speziell die Control-Software
- Teil 4: Bedienung
  Betrifft die Einstellung der Parameter, die Wartung des Gerätes, das Beheben von Fehlern usw.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

# Teil I: Anreicherungsmodul BTX

## 1.0 Allgemeine Hinweise

## 1.1 Anwendung

Der AMA GC 5000 BTX Analyzer ist ein vollautomatisches System in 19“-Technik zur kontinuierlichen Überwachung der aromatischen Komponenten Benzol, Toluol und der isomeren Xylole. Die Einsatzmöglichkeiten gehen jedoch weit über diese Stoffklasse hinaus. Es können bei entsprechender Applikation ebenso aliphatische Kohlenwasserstoffe bis einschließlich $C_4$ oder polychlorierte $C_1$-Kohlenwasserstoffe erfaßt werden.

## 1.2 Funktionsweise

Bei dem AMA GC 5000 Analyzer handelt es sich um ein System mit automatischer Probenahme, Anreicherung und GC-Analyse für den Nachweis folgender Komponenten:

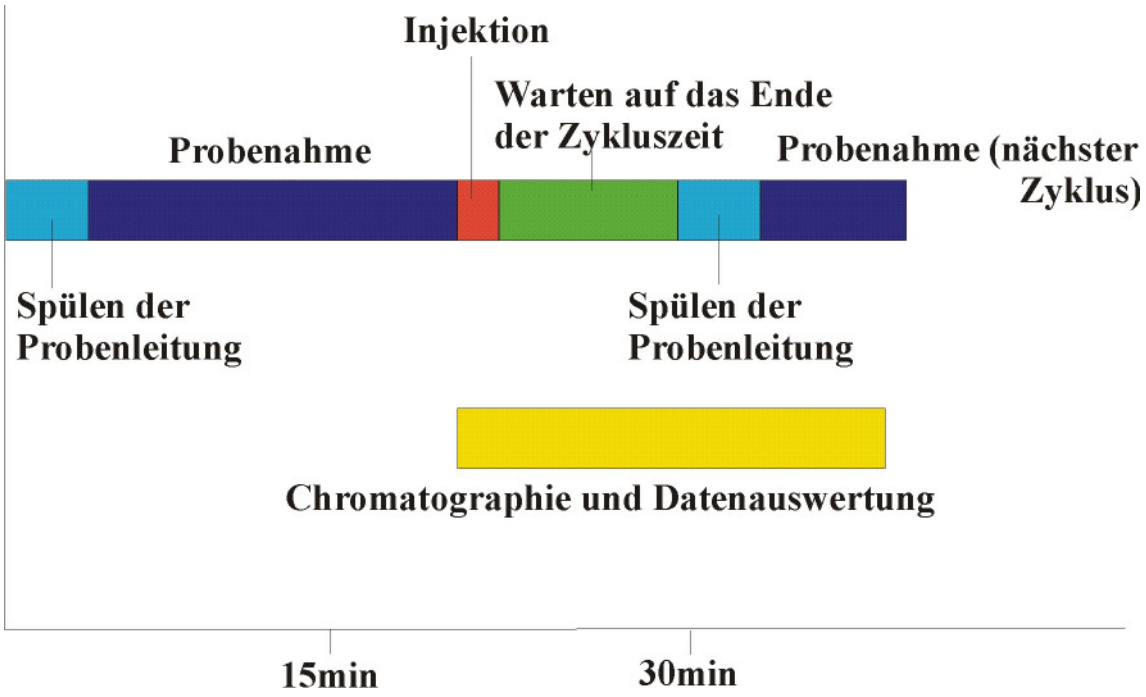
- Benzol, Toluol, Ethylbenzol, 1,2-Dimethylbenzol, 1,3-Dimethylbenzol, 1,4-Dimethylbenzol

Ebenso quantitativ analysierbar sind bei entsprechender Applikation:

- aliphatische Kohlenwasserstoffe ab einschließlich $C_4$ (gesättigt und ungesättigt)
- chlorierte Kohlenwasserstoffe ab Dichlormethan bzw. Vinylchlorid
- flüchtige organische Ester

Das Meßverfahren beruht auf dem physikalischen Prinzip der Adsorption der Meßobjekte auf Trägersubstanzen einer Speichersäule und der Detektion mit einem Flammenionisations- oder einem Photoionisationsdetektor nach unterschiedlichen Verweilzeiten auf einer Trennsäule.

Zeitprogramm:




*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Die Funktionsweise unterteilt sich in folgende Einzelschritte:

1) Spülen der Probenleitung
Um sicherzustellen daß frische Probe beim Probenahmestart zur Verfügung steht wird die Pumpe eingeschaltet und die Probenleitung mit dem eingestellten Probenahmefluß gespült.

2) Probenahme mit Anreicherung
Ein definiertes frei wählbares Volumen an Luft wird (gemessen und geregelt durch einen thermischen Massendurchflußregler, im weiteren Text als MFC bezeichnet) mittels einer Pumpe durch ein Rohr gesaugt, welches ein Trägermaterial enthält (BTX-Stufe).

3) Injektion
Nach beendeter Probenahme wird die BTX-Stufe sehr schnell aufgeheizt und gleichzeitig mit einem Trägergasstrom durchspült. Hierdurch werden die Substanzen punktförmig auf die Trennsäule des Gaschromatographen überführt.

4) Gaschromatographische Trennung, Analyse und Auswertung
Zur Trennung der Meßobjekte von den übrigen Komponenten wird eine Kapillarsäule eingesetzt. Die getrennten Meßobjekte werden nach unterschiedlich langer Verweildauer auf der Trennsäule durch einen FID identifiziert. Die Datenauswertung erfolgt standardmäßig über die Chromatographiesoftware ChromPerfect. Sie erfolgt nach folgendem Prinzip:

> Jeder zu messenden Substanz wird ein Retentionszeitfenster zugeordnet.
> Die Fläche eines im Zeitfenster liegenden Peaks ist ein Maß für die Quantität der zugeordneten Substanz.
> Die für die Integration eines Peaks wichtigen Parameter (z.B.: Peakbeginn, Peakende ...) sind individuell einstellbar.

Die gemessenen Peakflächen werden mittels der Kalibrierfunktion bewertet und mit den anderen Informationen, wie z.B. Datum und Zeitpunkt der Injektion, Statusmeldungen und Retentionszeiten auf der PC-Festplatte gespeichert.

5) Vorkühlung
Vor der nächsten Probenahme wird die BTX-Stufe auf die Anreicherungstemperatur gekühlt.

## 1.3 Grundaufbau

Der AMA BTX Analyzer ist konstruiert als 19 Zoll-Einschubgehäuse mit 6 HE und einer Tiefe von 600mm. Alle zum Betrieb notwendigen Baugruppen wie Steuerelektronik, PC, Heizregler, Gasregulierung, usw. sowie optionale Einrichtungen wie analoge Ausgangsbaugruppen, Kalibriergaseinrichtung, Ansteuerungen für Zusatzgeräte wie Gasmischgeräte, Permeationsmodule oder Probenstromwähler sind integriert. Optional wird ein 10 Zoll Touch Screen Monitor angeboten. Anderenfalls kann ein Monitor über eine externe VGA-Schnittstelle angeschlossen werden.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 1.4 Installation

### 1.4.1 Aufstellungsort

Das System ist zur Aufstellung in Meßschränken oder Meßcontainern geeignet. Die Umgebungstemperatur sollte +10°C bis +30°C betragen. Treten (z.B. im Sommer) größere Temperaturen im Aufstellungsraum auf, ist eine entsprechende Klimatisierung vorzusehen. Des weiteren ist zu beachten, daß das System Abwärme erzeugt, welche effizient abgeführt werden muß.

### 1.4.2 Elektrische Anschlüsse

Das Gerät benötigt zur autarken Meßarbeit nur einen Netzanschluß. Lediglich zur Fernsteuerung bzw. zur Ansteuerung von Fremdgeräten bedarf es Netzwerk-, USB-, oder COM-Verbindungen.
Die Stromversorgung des Systems (220-240V/50-60Hz) ist immer als letztes herzustellen.

**ACHTUNG LEBENSGEFAHR!**
**Es ist unbedingt darauf zu achten, daß vor dem Öffnen des Gerätes der Netzstecker gezogen wurde.**

### 1.4.3 Gasanschlüsse

**ACHTUNG!**
**Alle Gasanschlüsse am BTX Analyzer sind beschriftet. Es ist unbedingt darauf zu achten, daß die entsprechenden Gasversorgungen nur mit den dafür vorgesehenen Anschlüssen verbunden werden.**

Als Trägergas findet Stickstoff der Qualität 5.0 oder besser Verwendung. Das Trägergas (ca. 3 bis 4 bar, auch notwendig als Steuergas bei PID) wird an die hierfür vorgesehene 1/8“-Verschraubung auf der Rückseite des Analyzers angeschlossen.
Die Brennluft (nur bei FID, auch notwendig als Steuerluft für die pneumatischen Gasschaltventile) sollte einen Druck von 3 bis 4 bar aufweisen. Sie muß trocken und ölfrei sein. Die Brennluft wird über die hierfür vorgesehene 1/8“-Verschraubung auf der Rückseite des Analyzers angeschlossen.
Die Probenansaug- und Ausgangsleitungen sind als 1/8“-PFA-Schlauch oder in Edelstahl auszuführen und werden mit den jeweiligen 1/8“-Anschlüssen auf der Rückseite des BTX Analyzers verbunden.
Ebenso muß vor Einschalten des Gerätes die Versorgung des Systems mit Wasserstoff (ca. 2 bar) als Brenngas für den FID an dem gekennzeichneten Anschluß (1/8“ Swagelok) sichergestellt werden.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 1.5 Inbetriebnahme

Vor Inbetriebnahme müssen die Installationen in folgender Reihenfolge durchgeführt worden sein:

1) Anschluß der Gasversorgung
2) Elektrische Verbindungen herstellen (Tastatur, Maus, Monitor, Netzwerk, Netzkabel)

Die benötigte Zeit zum Anschluß der Geräte, Gasversorgung, etc. (Rüstzeit) beträgt ca. 30 Minuten.
Die Inbetriebnahme geschieht in folgender Reihenfolge:

1) Öffnung des Gasversorgung
   Normalerweise sind die internen Druckregler schon voreingestellt.
   - Einstellen des Trägergasdrucks auf ca. 3 bar (Druckanzeige an der Gasversorgung)
   - Einstellen des Brennluftdruckes an der Brennluftversorgung auf ca. 3-4 bar
   - Einstellen des Wasserstoffdruckes an der Wasserstoffversorgung auf ca. 2 bar
   Warten auf konstantes Anliegen der Drücke.
2) Einschalten des Analyzers. Chromatographiesoftware und AMA Steuersoftware starten automatisch.

Das Gerät benötigt mehrere Minuten, um alle temperierten Geräteteile wie GC-Ofen, Detektor, Ventilofen und BTX-Stufe auf die gewünschten Sollwerte zu bringen. Bei einer Detektortemperatur von über 130°C wird der FID gezündet und das Gerät ist betriebsbereit. Nach einer Einlaufzeit von ca. 90 Minuten (drei Zyklen) kann der reguläre Meßbetrieb gestartet werden.

## 1.6 Abbildungen

Abb. 1: Frontansicht des BTX Analyzers

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Abb. 2: Rückansicht

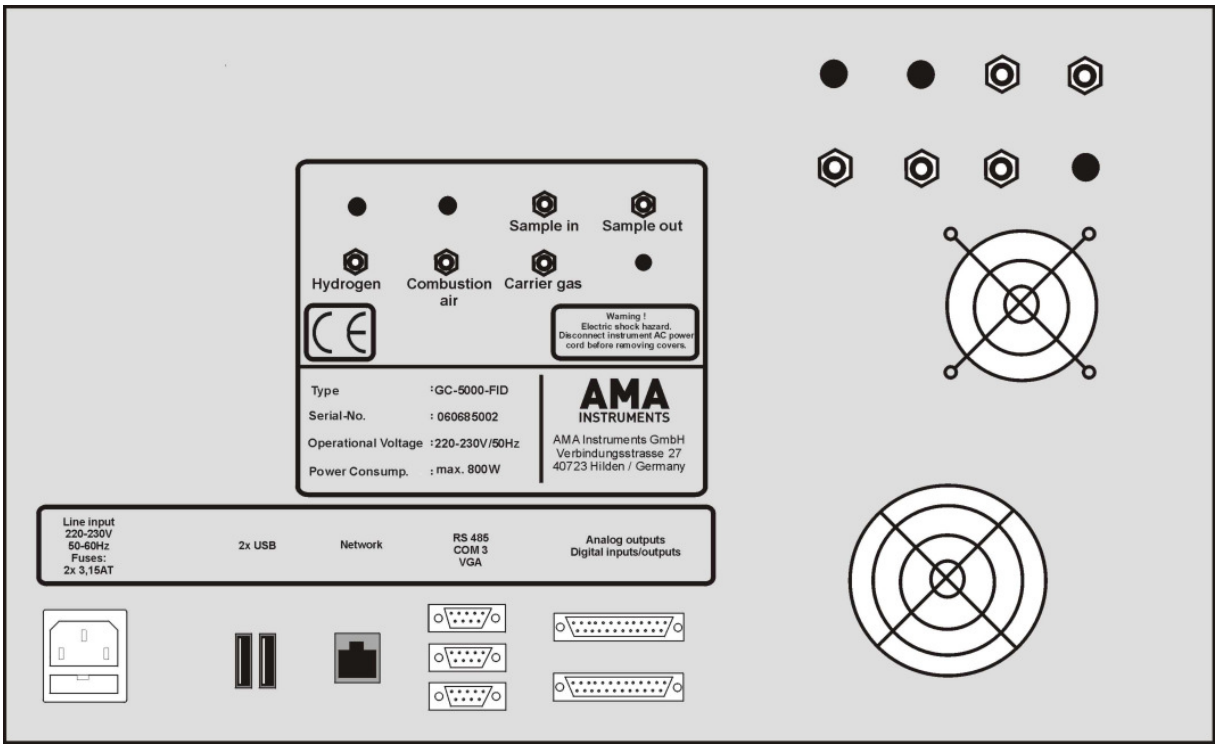
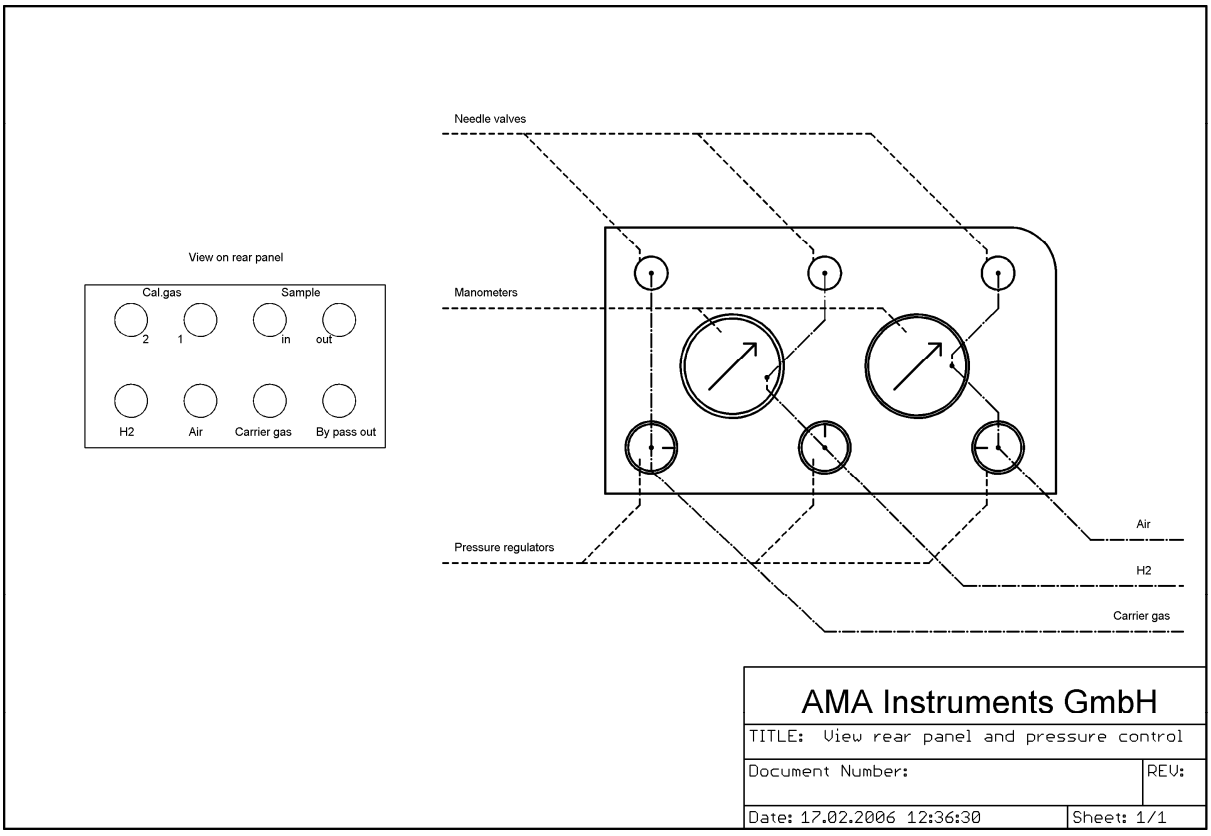



Abb. 3: Gasregulierung




*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 1.7 Außerbetriebnahme des Gerätes

1) Programm stoppen. Auf keinen Fall die Gase abstellen.

2) Warten, bis der GC-Ofen auf 50 °C abgekühlt ist.

3) AMA Steuer-Software schließen und Betriebssystem herunterfahren.

4) BTX Analyzer ausschalten.

4) Stickstoff, Brenngas und Wasserstoff abstellen.

5) Alle Gasanschlüsse zum BTX Analyzer lösen.

6) BTX Analyzer vom Netz trennen.

7) Gegebenenfalls Trennsäulentransportsicherung einlegen.

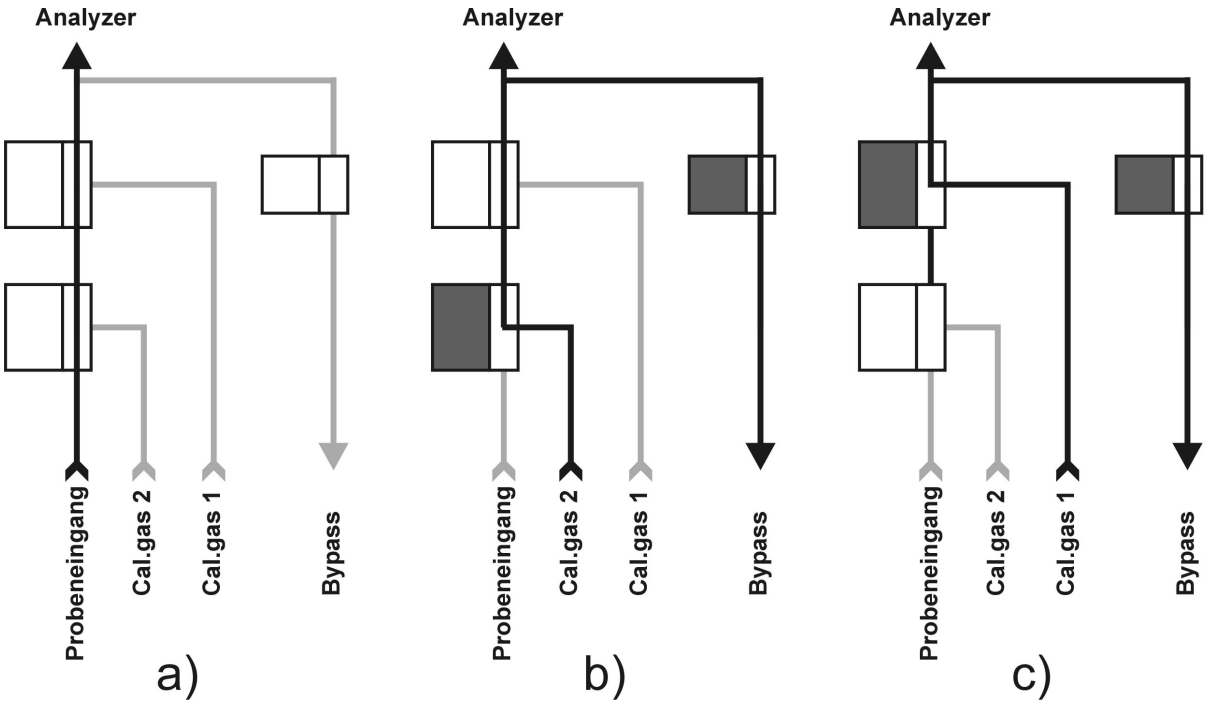
## 1.8 Kalibriergasanschluß (Option)

Der BTX Analyzer kann mit zwei verschiedenen Prüfgasversorgungen ausgestattet werden.

a) Versorgung mit Prüfgasgeneratoren:

An der Rückseite ist eine Schnittstelle für die Kommunikation des Analyzers mit einem externen Prüfgasgenerator (z.B. KAL, Firma Breitfuß) vorgesehen.

b) Versorgung mit Prüfgasflaschen:




*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Das Gerät kann mit einer Ventilschaltung versehen werden, die es ermöglicht, bis zu zwei Prüfgase anzuschließen. Dabei sind vor Anschluß die Nadelventile an den Prüfgasflaschen auf 120 ml/min oder mehr einzustellen. Die Ansteuerung der Ventile zur Kalibrierung des Geräts erfolgt über die AMA Control-Software.

## 1.9 Grundkalibrierung

Vor der ersten Inbetriebnahme ist eine Grundkalibrierung mit fünf über den gewünschten Meßbereich verteilten Konzentrationen nötig. Normalerweise wird die Grundkalibrierung schon von uns im Werk durchgeführt, kann aber auf Wunsch auch vom Kunden selber vorgenommen werden.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

# Teil II GC-Modul

## 2.0 Allgemeines

Das GC-Modul kann mit einem dreistufigen Temperaturprogramm betrieben werden. Bei der Konstruktion und der Auswahl der Materialien wurde bewußt darauf geachtet, thermische Trägheiten zu vermeiden. Dies gibt dem Anwender die Möglichkeit, auch mit hohen Endtemperaturen zu arbeiten, ohne daß es zu langen Abkühlzeiten kommen muß. Die Dimensionierung des Ofenraumes wurde so gewählt, daß marktübliche Kapillarsäulen mit dem Originalkäfig verwendet werden können. Dies garantiert einen einfachen Wechsel der Trennsäule innerhalb von wenigen Minuten.

## 2.1 Steuerung

Die Steuerung erfolgt AMA Control-Software.

## 2.2 Säulenofen

Der Säulenofen besitzt die Maße 21cm * 21cm * 8cm, das entspricht einem Innenraumvolumen von ca. 3500 $cm^3$. Die Geometrie des Ofens ist darauf abgestimmt, problemlos Trennsäulen benutzen zu können, ohne diese auf einen speziellen Käfig umwickeln zu müssen.
Die maximale, lineare Aufheizgeschwindigkeit für den Bereich 40 - 200°C beträgt 25°C/min, einstellbar in Schritten von 1°C/min.

## 2.3 Trennsäulen

Verwendet werden können kommerziell erhältliche Säulen mit einem Durchmesser von 0,32mm, 0,45mm oder 0,53 mm bis 60m Länge (Die Verwendung von 0,32mm-Säulen ist die Standardapplikation).

## 2.4 Detektor

Standardmäßige Detektoren sind der FID (Flammen-Ionisations-Detektor) oder der PID (Photo-Ionisations-Detektor). Der Detektor liefert ein analoges Signal von 0-5V. Das Signal wird digitalisiert und über Software ausgewertet.

## 2.5 Eingabe der Parameter

Die Eingabe der Parameter erfolgt über die Sollwertfenster der Steuer-Software. Der Zugang zum Sollwert-Editor ist mit einem Paßwort geschützt, so daß eine Veränderung von Parametern durch unautorisierte Personen erschwert wird.

## 2.6 Trennsäulenanschluß

Die Säulenanschlüsse sind als $^1/_{16}$" Valco-Verschraubungen ausgeführt. Die Befestigung wird mit Vespel-Reduzierferrules, z.B. Valco FS1.5-5 für die 0,32 mm Kapillarsäule, vorgenommen.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Bei AMA Instruments Detektoren wird die Säule 2-3 mm durch das Ferrule geschoben. Die Verschraubung wird angezogen bis sich die Säule nicht mehr im Ferrule bewegen läßt.

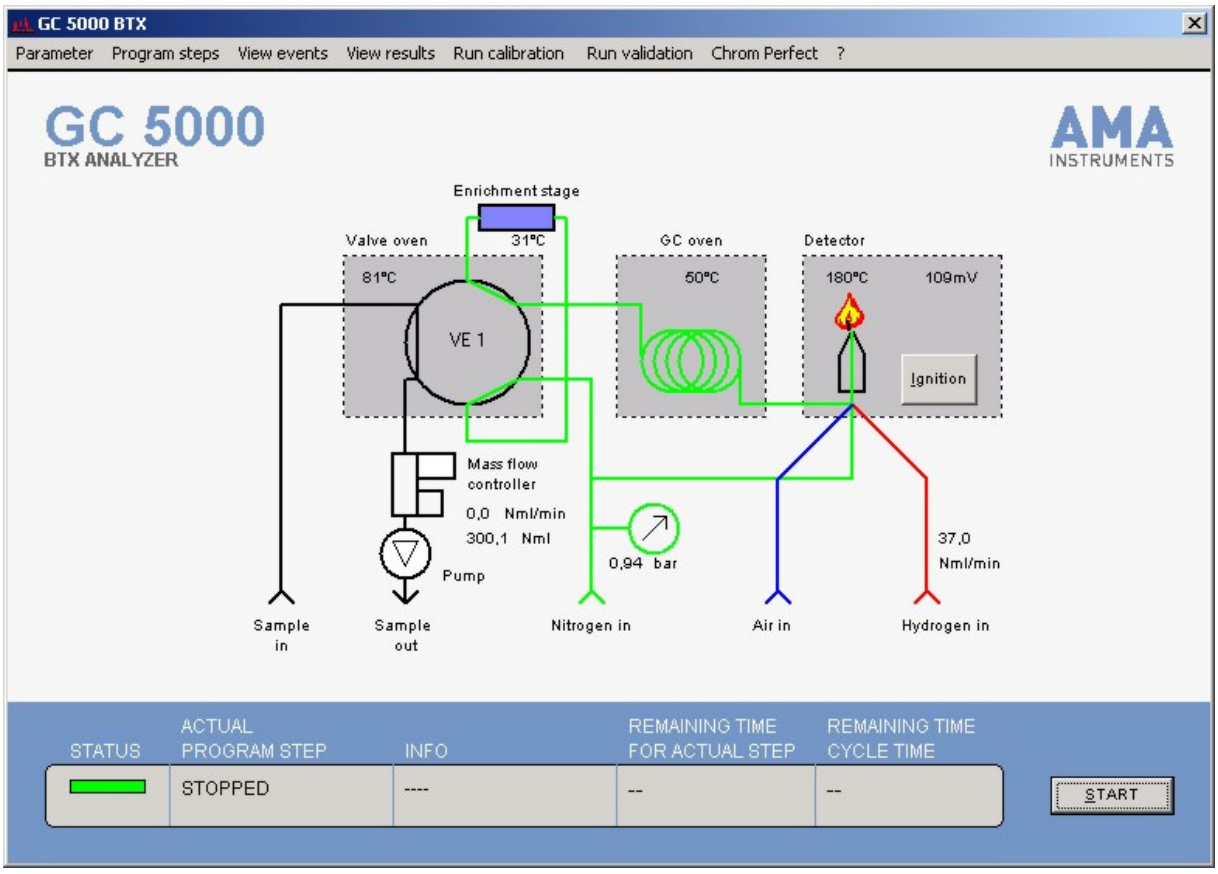
*Copyright by AMA Instruments GmbH*

# Teil III Gerätesteuerung über *die AMA Control-Software*

## 3.0 Generell

Die Steuersoftware wurde entwickelt, um die Handhabung des Analyzers so einfach wie möglich zu machen. Die Software informiert den Benutzer mit Hilfe von Gasflußschemata und Alarmfenstern usw. über den aktiven Programmschritt, Temperatur- und Druckistwerte usw..
Falls der Analyzer nicht mit einem Touchscreen Monitor ausgerüstet ist, benötigt man einen handelsüblicher Monitor, eine Maus und ein PC-Keyboard um Parameter zu ändern, oder den Analyzer zu starten bzw. zu stoppen. Im automatischen Betrieb werden sie nicht benötigt. Die Software ist komplett in englischer Sprache gehalten. Daher sind die Überschriften der nächsten Kapitel ebenfalls in englischer Sprache, zumindest soweit Bezug auf Tasten oder Menüpunkte genommen wird.

## 3.1 Hauptfenster (Main window)

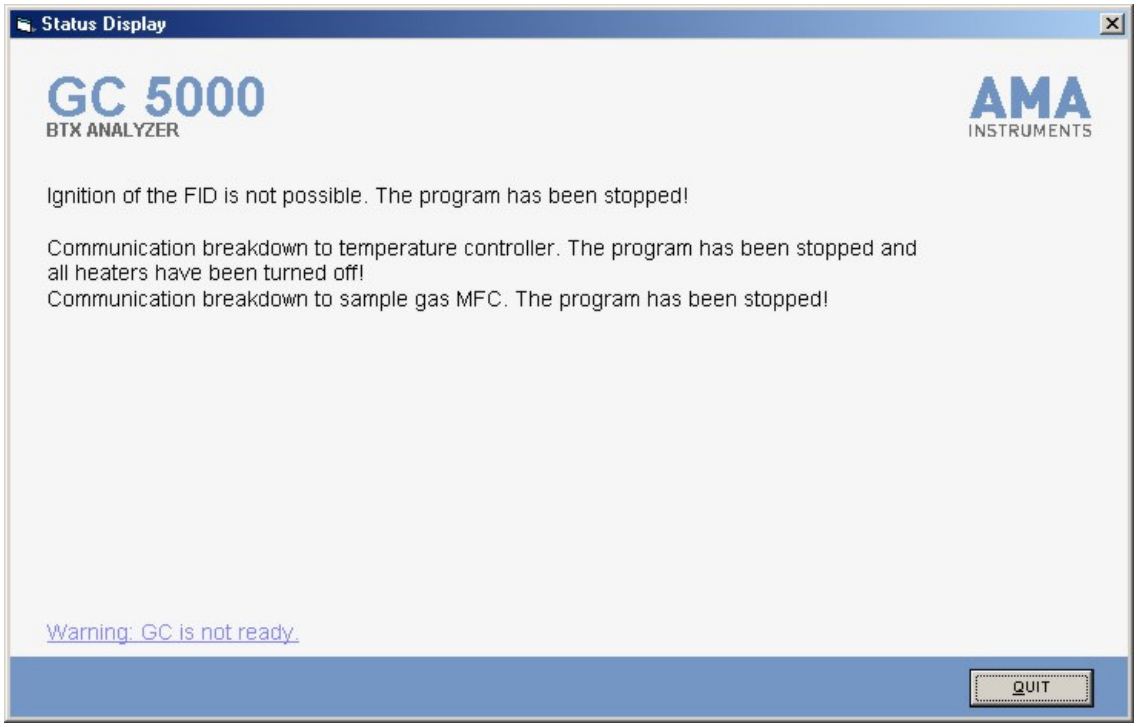



Dies ist das wichtigste und standardmäßig das aktuelle Fenster der Steuer-Software. Dieses Fenster informiert über aktuelle Programmphasen, den aktuellen Status des Systems und über Temperatur- und Druckistwerte.

Im oberen Bereich des Fensters werden zwei Zeiten angezeigt. Die erste zeigt die verbleibende Zeit für den aktuellen Programmschritt an, die zweite die Restzeit bis zum Start des nächsten Probenahmelaufs.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Auf der linken Seite zeigt ein Feld den Status des Gesamtsystems an. Ist das Feld grün, so ist das Gerät fehlerfrei und startbereit.
Ist das Feld rot, so ist ein Alarm aufgetreten. Mit einem Klick auf das rote Feld öffnen Sie das Statusdisplay. Hier werden Ihnen alle aufgetretenen Alarme angezeigt. Zusätzlich wird auf den „Not Ready“ Status des GC hingewiesen.


Status Display
GC 5000
BTX ANALYZER
AMA
INSTRUMENTS
Ignition of the FID is not possible. The program has been stopped!
Communication breakdown to temperature controller. The program has been stopped and all heaters have been turned off!
Communication breakdown to sample gas MFC. The program has been stopped!
Warning: GC is not ready.
QUIT

Durch anklicken der Taste „Why is GC not ready“ erhält man Informationen über den oder die „Not ready“ Gründe.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Hier werden Sie über den Grund für den „Nicht bereit“ Status des Gerätes informiert. Mögliche Gründe sind vom Sollwert abweichende Temperaturistwerte von Detektor und/oder Ofen. Dies kann nach Einschalten des Gerätes oder nach Änderung der Parameter völlig normal sein. Ein anderer Grund ist wäre ein zu geringer Trägergasdruck (< 0,3 bar). Ist das Probenahmeprogramm gestartet, befindet sich der Analyzer ebenfalls im „Not ready“ Modus.

## 3.2 Menü (Menu)

Im Hauptfenster können Sie die folgenden Menüpunkte auswählen:

- Parameter
- Programmschritte (Program steps)
- Einsehen der Ereignisliste (View events)
- Einsehen der Resultatsliste (View results)
- Starten einer Kalibrierung (Run calibration)
- Starten einer Validierung (Run validation)
- Starten von Chrom Perfect Modulen (Chrom Perfect)
- ? (Hilfe)

Im folgenden werden diese Punkte detailliert beschrieben.

### 3.2.1 Parameter

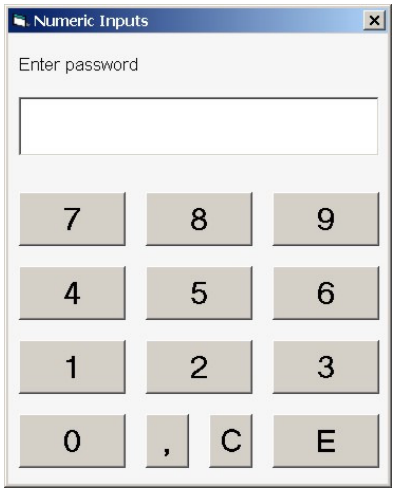
In diesem Teil des Menüs können Betriebsparameter wie Temperaturen und Zeiten des Probenahmeprogrammes geändert werden. Sie können zwischen folgenden Menüpunkten wählen:

- Änderungen freigeben (Unlock)
- Paßwort ändern (Change password)
- Betriebsmodus (Operation mode)
- Fernsteuerung (Remote control)
- Methode (Method)
- Analyse (Analysis)
- GC Ofenprogramm (GC oven program)
- Kalibriergas (Calibration gas)

#### 3.2.1.1 Änderungen freigeben (Unlock)

Aus Sicherheitsgründen sind alle Parameter „Paßwort“ geschützt. Vor dem editieren, spätestens jedoch vor dem speichern der neuen Werte muß der Menüpunkt „Unlock“ aufgerufen werden. Es öffnet sich folgendes Fenster:

*Copyright by AMA Instruments GmbH*




Nach der Eingabe des Paßwortes drücken Sie bitte die „E“-Taste. War die Eingabe korrekt, schließt sich das Eingabefenster und in den Sollwertfenstern besteht nun die Möglichkeit geänderte Parameter abzuspeichern. Anderenfalls bekommen Sie eine Fehlermeldung.

### 3.2.1.2 Ändern des Paßwortes (Change password)

Wenn Sie den Menüpunkt „Change password” anklicken, öffnet sich das schon durch die Paßworteingabe bekannte Fenster. Geben sie den neuen Code ein und klicken Sie auf „E“. Das neue Paßwort ist jetzt aktiv.

### 3.2.1.3 Betriebsmodus (Operation mode)

Hier können Sie zwischen „Manual operation“, „Cyclic operation“ und „Remote control“ wählen. Bei „Manual operation“ macht der GC-5000-BTX nach Drücken auf die Start-Taste genau einen Lauf und wartet dann erneut auf das Drücken auf die Start-Taste. Im zyklischen Modus (Cyclic operation) beginnt der GC-5000-BTX nach Ablauf der eingegebenen Zykluszeit jeweils mit dem nächsten Zyklus. Im Modus „Remote control“ wartet der Analyzer nach jedem Lauf auf einen neuen Start über das Übertragungsprotokoll.

### 3.2.1.4 Fernsteuerung (Remote control)

In diesem Menü werden die Einstellungen für die Datenübertragung mit dem GESYTEC II Protokoll vorgenommen.
Wird bei aktiver Fernübertragung der Menüpunkt **Service mode** aktiviert, nimmt das Gerät keine Steuerbefehle vom Meßstationsrechner an. Es kann nur direkt über das interne Programm gesteuert werden. Allerdings werden auch weiterhin Meßwerte, Status und Fehlermeldungen zum Meßstationsrechner übertragen.
Unter dem Menupunkt „Gesytec specifications“ können die folgen Parameter angepaßt werden:

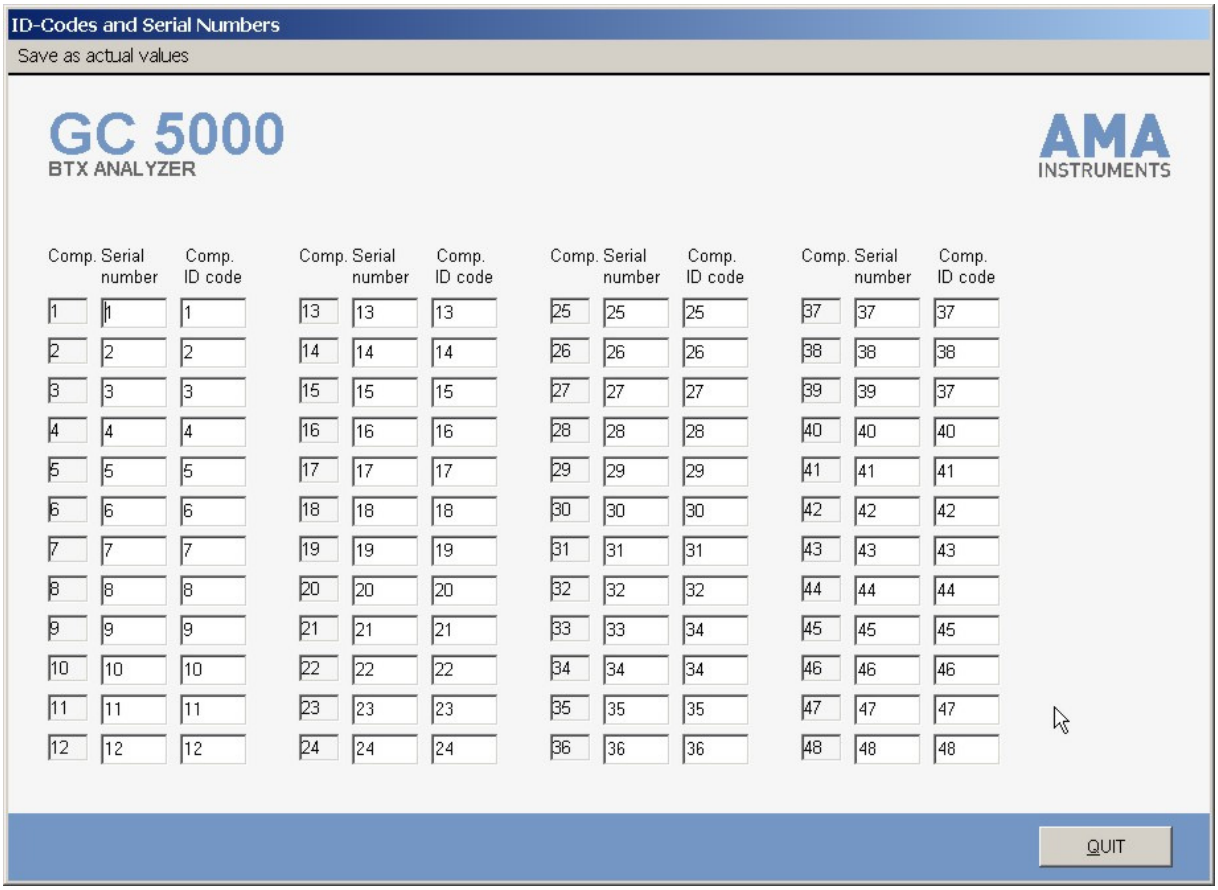
*Copyright by AMA Instruments GmbH*

### 3.2.1.4.1 COM Parameter

Diese Schnittstelle wird für den Datenaustausch zwischen Analyzer und Meßstationsrechner verwendet. Hierfür läßt sich die Übertragungsgeschwindigkeit von 1200 bis 19200 Baud auswählen. Standardeinstellung ist „9600“. Durch Klicken auf „Save value“ werden die eingegebenen Werte aktiviert und gespeichert. Über die **Quit**-Taste gelangt man wieder auf die vorhergehende Seite, ohne daß die Änderungen übernommen werden.

### 3.2.1.4.2 ID-Codes

Allgemein ist die Software in der Lage, die Meßdaten von bis zu 48 Verbindungen zu übertragen. Die Codes sind in 6 Blöcken zu je 8 Komponenten zusammengefaßt, so daß je nach Anwendung 8, 16, 24, 32, 40 oder 48 Komponentendaten übertragen werden können.

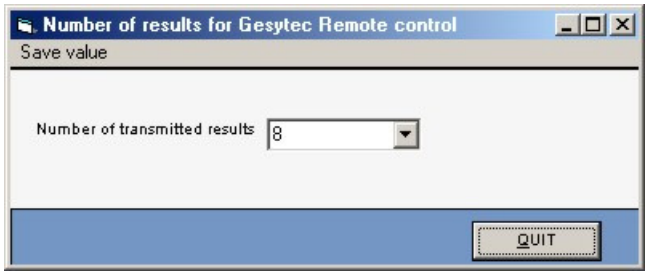



*Copyright by AMA Instruments GmbH*

In die einzelnen Felder können die für Datenübertragung notwendigen Seriennummern und ID-codes für jede einzelne Verbindung eingegeben werden. Mit Klicken auf „Save as actual values“ werden die eingegebenen Werte aktiv. Mit ***Quit*** wird das Fenster ohne Übernahme der veränderten Werte verlassen.

### 3.2.1.4.3 Number of components

Es öffnet sich folgendes Fenster:




Hier können Sie auswählen ob 8, 16, 24, 32, 40 oder 48 Ergebnisse übertragen werden. Im Gesytec-II Standard sind allerdings nur maximal 8 Ergebnisse vorgesehen. Sollen mehr Ergebnisse übertragen werden, so muß dieses auch von der Gegenseite unterstützt werden.

### 3.2.1.4.4 Val./Cal. On cal. Gas request

Mit dieser Einstellung können Sie festlegen ob ein über das Übertragungsprotokoll ausgelöster Lauf mit Prüfgas wie ein Lauf mit normaler Probe (Validierung) behandelt wird oder das Meßergebnis als neue Kalibrierung benutzt wird.

### 3.2.1.4.5 Protokoll Bytes

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Konfiguration der vom AMA GC-5000 Analyzer zur Sendung an den Meßstationsrechner bereitgestellten Datenbytes:

Steuerbyte

| | | |
|---|---|---|
| Bit | 0 | Start Probenahme |
| Bit | 1 | Nullgas ein (Cal.gas 1) |
| Bit | 2 | Kalibriergas ein (Cal.gas 2) |
| Bit | 3 | Frei |
| Bit | 4 | Frei |
| Bit | 5 | Frei |
| Bit | 6 | Frei |
| Bit | 7 | Frei |

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Statusbyte

| | | |
|---|---|---|
| Bit | 0 | Gerät aus |
| Bit | 1 | Wartung / Handsteuerung |
| Bit | 2 | Nullgas läuft (Cal.gas 1) |
| Bit | 3 | Eichgas läuft (Cal.gas 2) |
| Bit | 4 | Probenahme und Vorspülung laufen |
| Bit | 5 | Neuer Meßwert |
| Bit | 6 | Frei |
| Bit | 7 | Frei |

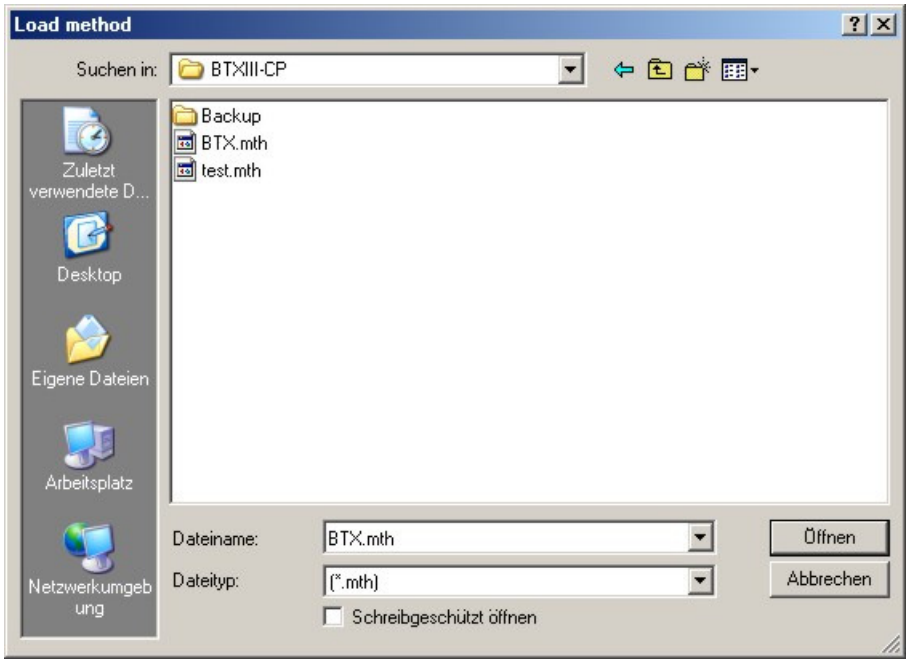
Fehlerbyte

| | | |
|---|---|---|
| Bit | 0 | Vorkühlalarm BTX-Stufe |
| Bit | 1 | Probenahmealarm |
| Bit | 2 | Trägergasalarm |
| Bit | 3 | Keine Zündung des FID möglich |
| Bit | 4 | FID zu kalt |
| Bit | 5 | FID zu kalt für 8 Minuten |
| Bit | 6 | Frei |
| Bit | 7 | Kommunikationsalarm zu MFC / Heizregler |

Status- und Fehlerbyte geben bei jeder Sendung den aktuellen Zustand des Gerätes wieder. Nur bei der Sendung von Meßwerten entsprechen Status- und Fehlerbyte dem Zustand des Geräts während der entsprechenden Meßwertbestimmung.

### 3.2.1.5 Methode (Method)

Hier kann der aktuelle Parametersatz des Analyzers als Methode gespeichert werden oder es kann ein neuer Parametersatz geladen werden. Bei „Load“ öffnet sich das folgende Fenster:



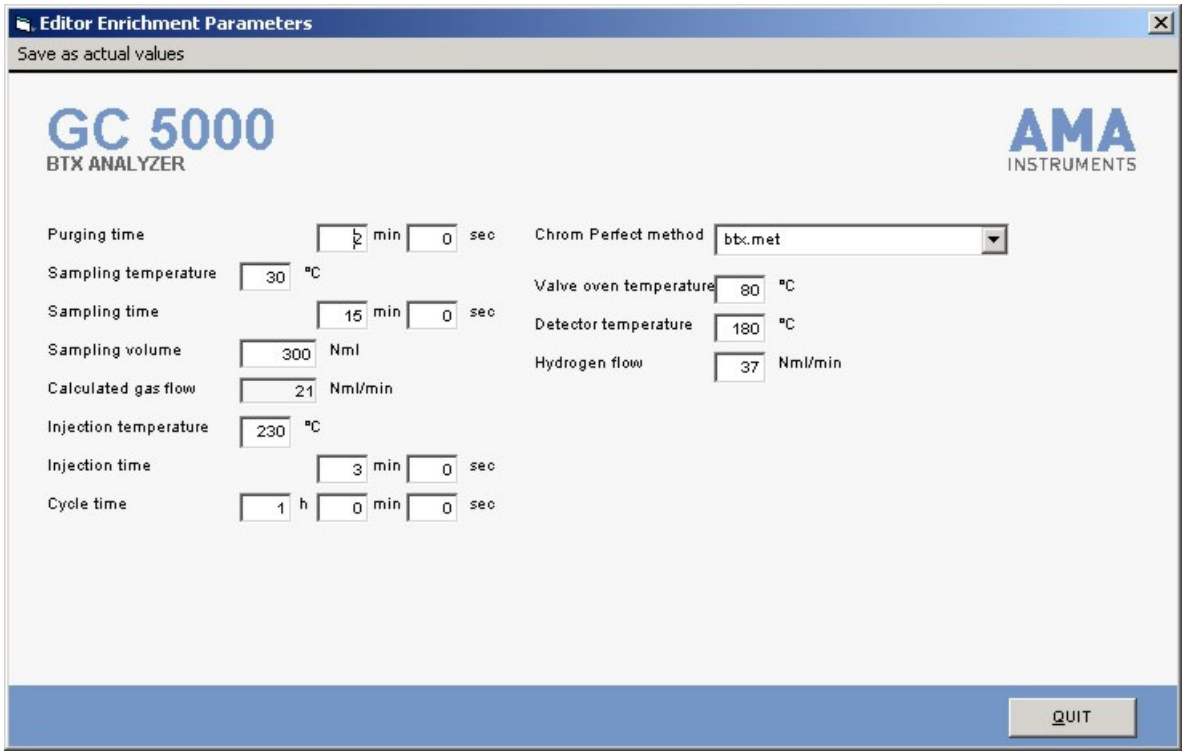

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Hier können Sie eine gespeicherte Methode auswählen und nach Klick auf „Öffnen“ wird sie dann geladen.

Analog können Sie mit „Save“ unter dem Menüpunkt „Method“ die aktuellen Parameter als Methode speichern.

### 3.2.1.6 Analyse (Analysis)

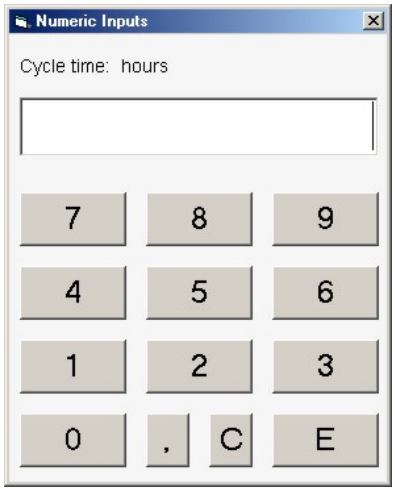
Es öffnet sich folgendes Fenster:




Hier wird jeder änderbare Wert des Analysenprogrammes angezeigt. Das sind die Spül-, Probenahme- und Injektionszeit in Minuten und Sekunden, die Zykluszeit in Stunden, Minuten und Sekunden, die Chromatographie-Methode, das Volumen der Probenahme, beiden Temperatursollwerte für Detektor und Ventilofen, sowie die Gasflüsse.

Um den Wert einen Parameters zu ändern klicken Sie in das jeweilige Parameterfeld. Wieder öffnet sich das numerische Feld und der Wert kann eingegeben werden. Im oberen Teil des Eingabefensters erhalten Sie noch einmal den Hinweis auf den momentan zu editierenden Parameter. In diesem Beispiel der Stundenwert der Zykluszeit.

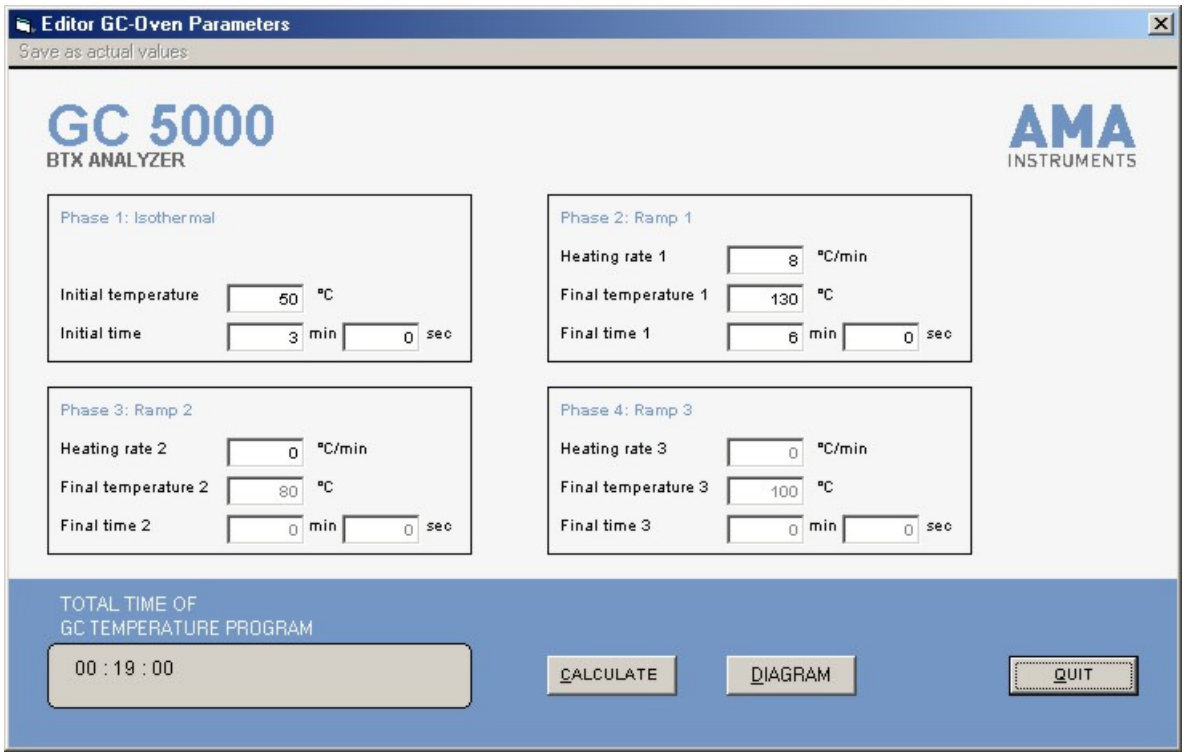
*Copyright by AMA Instruments GmbH*




Um die Parameter als aktuelle Werte zu übernehmen klicken Sie auf den Menüpunkt „Save as actual values“. Waren alle Werte im erlaubten Bereich, übernimmt der Analyzer sie sofort und das Sollwertfenster wird geschlossen. War ein Wert fehlerhaft, z.B.: eine Temperatur zu hoch oder zu tief, ein Minuten/Sekundenwert größer als 59 o.ä., erscheint eine Fehlermeldung und die alten Werte bleiben aktiv.

### 3.2.1.7 GC Temperaturprogramm (GC oven)

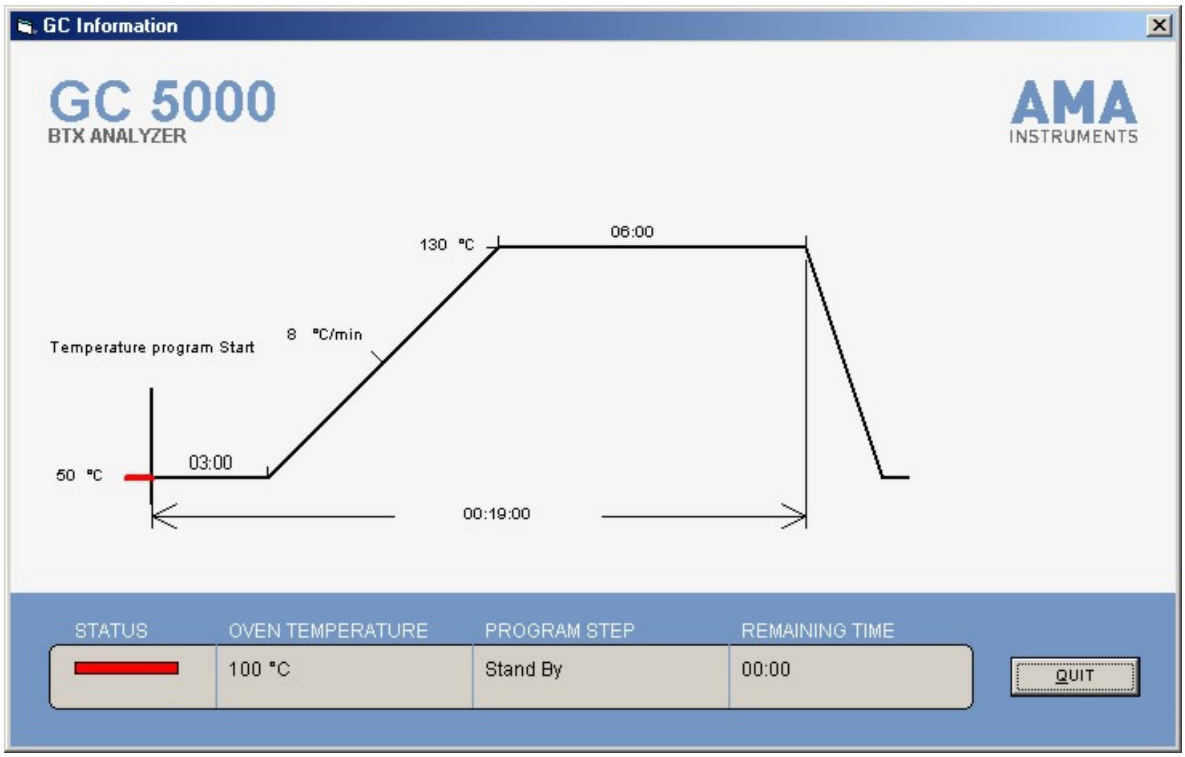
Das folgende Fenster öffnet sich:




Hier wird jeder änderbare Wert des GC Ofenprogrammes angezeigt. Das sind für die erste Phase die Anfangstemperatur und die isotherme Vorlaufzeit und für die folgenden drei Aufheizphasen die Werte für die Aufheizrate, die Endtemperatur und die Wartezeit. Durch

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

anklicken der Taste „Calculate“ wird das eingegebene Ofenprogramm berechnet und die Gesamtzeit angezeigt. Achtung: das Programm ist damit noch nicht gespeichert. Wenn ein Programm mit weniger als 3 Stufen programmiert werden soll, so ist als Sollwert für die erste Stufe die nicht benutzt werden soll, eine Null einzusetzen. Mit obigem Beispiel ist das GC Ofenprogramm nach Ablauf der „Final time 1“ beendet.
Durch Klicken auf die Taste „Diagram“ können Sie sich das Temperaturprogramm als Grafik anzeigen lassen.




Um die Parameter als aktuelle Werte zu übernehmen klicken Sie auf den Menüpunkt „Save as actual values“. Waren alle Werte im erlaubten Bereich, übernimmt der Analyzer sie sofort und das Sollwertfenster wird geschlossen. War ein Wert fehlerhaft, z.B.: eine Temperatur zu hoch oder zu tief, ein Minuten/Sekundenwert größer als 59 o.ä., erscheint eine Fehlermeldung und die alten Werte bleiben aktiv.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

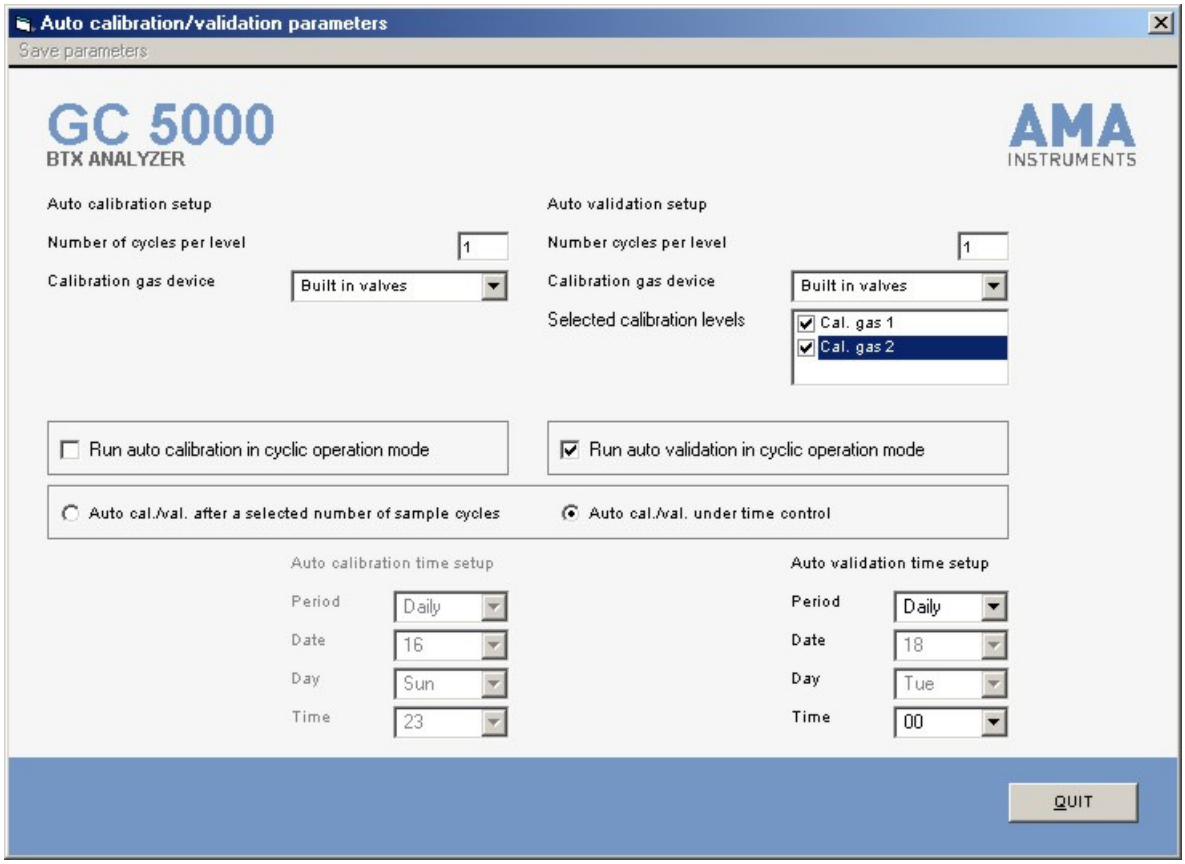
### 3.2.1.8 Kalibrierung (Calibration)

Sie können wählen zwischen:

a) Autocal./Autoval. setup
b) Calibration gas concentration

#### 3.2.1.8.1 Kalibrier/Validier-Setup (Autocal./Autoval. setup)

Der AMA GC-5000 Analyzer ist mit einer Kalibriersoftware ausgestattet. Ist die optional erhältliche Kalibriergaseinrichtung eingebaut, werden mit Hilfe dieser Software die Gasventile geschaltet. Dazu müssen Nullgas und Kalibriergas an den entsprechenden Eingang angeschlossen werden (Siehe hierzu Kapitel 1.8). Ebenso existiert die Möglichkeit, externe Gasmischgeräte bzw. Kalibriergasgeräte entsprechend anzusteuern.

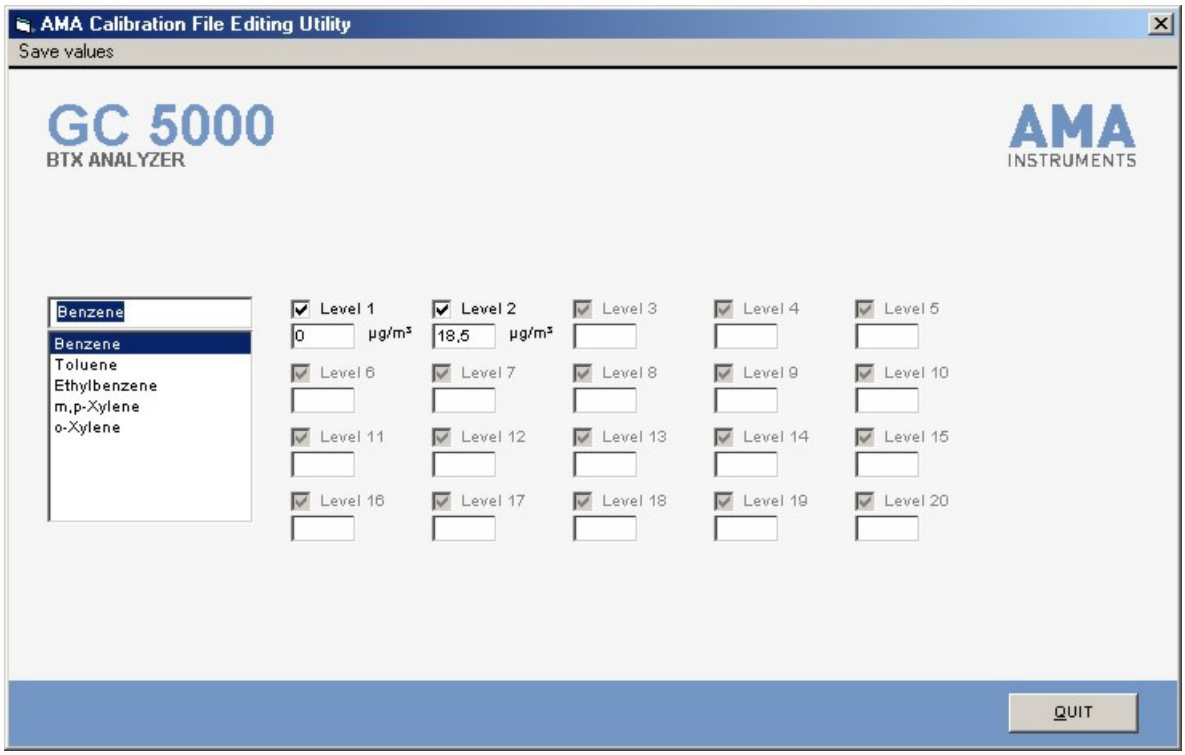



In diesem Fenster können Sie auswählen ob im zyklischen Betriebsmodus eine automatische Kalibrierung und/oder eine automatische Validierung durchgeführt werden. Außerdem können Sie auswählen wie viele Zyklen pro Kalibrierlevel durchgeführt werden und welche Kalibriereinrichtung angewendet wird. Ebenfalls einstellbar ist ob eine Kalibrierung und/oder Validierung nach einer bestimmten Anzahl Zyklen durchgeführt wird oder zu einem bestimmten Zeitpunkt.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

### 3.2.1.8.2 Prüfgaskonzentrationen (Calibration gas concentration)

Der Menüpunkt „Change calibration gas concentration“ ermöglicht die Eingabe der Konzentrationen der Prüfgasflaschen bzw. der Kalibriermodule.



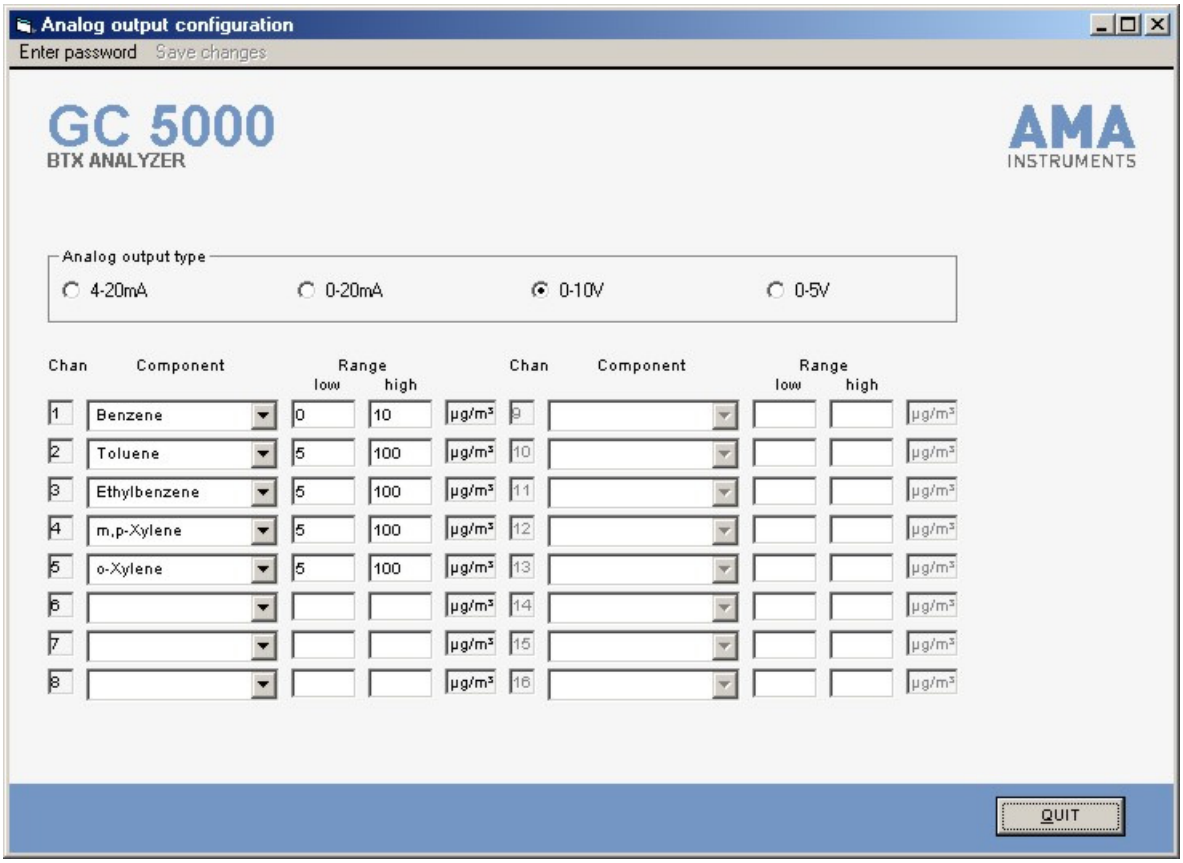

Mit dem Balken in dem linken Feld wird die jeweilige Komponente ausgewählt und dann kann in den Feldern „Level 1“ und „Level 2“ die jeweilige Konzentration der beiden Prüfgase bzw. Nullgas und Prüfgas eingegeben werden. Nach Klicken auf „Save values“werden die Konzentrationen aller Komponenten abgespeichert.

### 3.2.1.9 Analog output configuration

Wenn der Analyzer mit 4, 8 oder 16 analogen Ausgängen ausgerüstet ist, kann hier Konfiguration und Korrelierung zwischen Ausgängen und Meßergebnissen editiert werden.

Achtung: Für eine korrekte Funktion muß eine entsprechende D/A-Wandlerkarte eingebaut sein.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

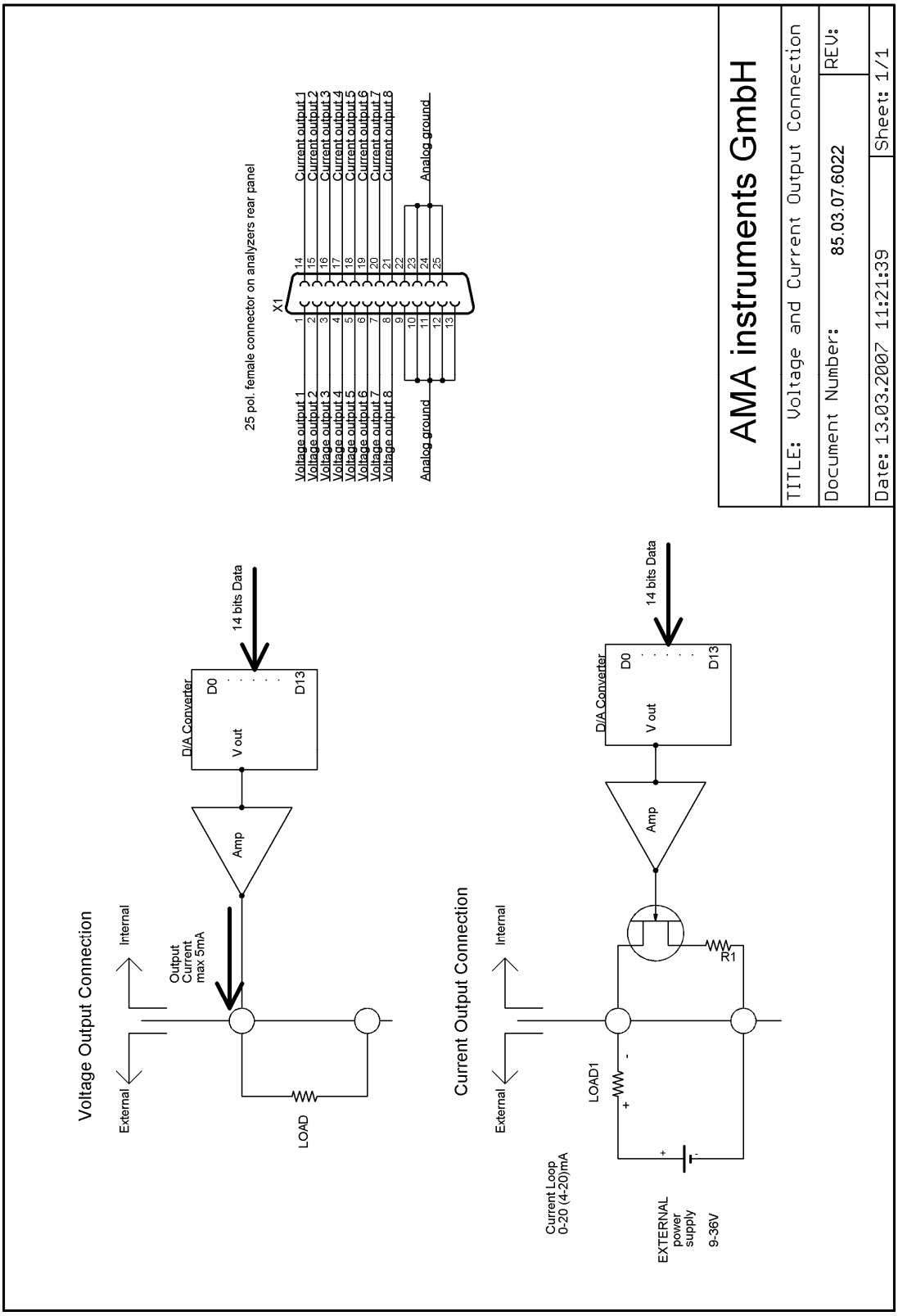



Sie können nur die Anzahl an Kanälen bearbeiten, die auch im Analyzer Setup ausgewählt wurde. Wählen Sie den gewünschten Ausgangstyp unter „Analog output type“. Die Auflösung der Spannungsausgänge ist 1,22mV und die Auflösung der Stromausgänge 2,7µA.

Für jeden Kanal können Sie eine Komponente aus dem Drop down Menü auswählen. Daneben können Sie auch die Maximal- und Minimalkonzentrationen für den Ausgangsbereich angeben.

Mit den Werten aus dem obigen Fenster erhalten Sie:
Alle analogen Ausgänge (8) sind vom Typ 0-10V. Kanal 1 spiegelt das Meßergebnis von Benzol. Die Ausgangsspannung von Kanal 1 variiert zwischen 0V für 0µg/m$^3$ und 10V für 10µg/m$^3$ Benzol. Kanal 2 ergibt eine Ausgangsspannung von 0V für 5µg/m$^3$ Toluol und 10V für 100µg/m$^3$ Toluol. Das gleiche gilt für die Kanäle 3, 4 und 5 für die anderen Komponenten. Die Kanäle 6 bis 8 werden nicht benutzt.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*




*Copyright by AMA Instruments GmbH*

### 3.2.2 Program steps (Programmschritte)

Es können alle möglichen Programmschritte des Anreicherungsprogrammes angezeigt werden und ebenso der Programmablauf des GC Ofenprogrammes.

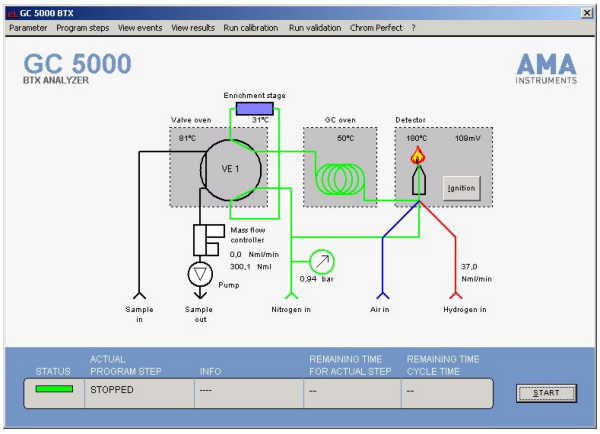
#### 3.2.2.1 Programmschritte Anreicherung

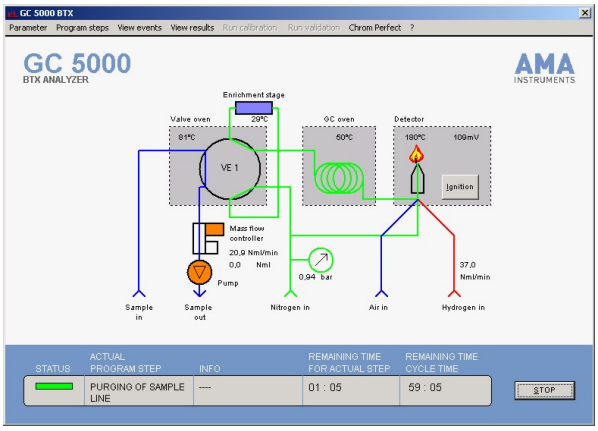
Vorausgesetzt, das Probenahmeprogramm ist gestoppt, können Sie sich über diesen Menüpunkt alle möglichen Programmschritte mit den zugehörigen Gasflußschemata anzeigen lassen. Wählen Sie zwischen:

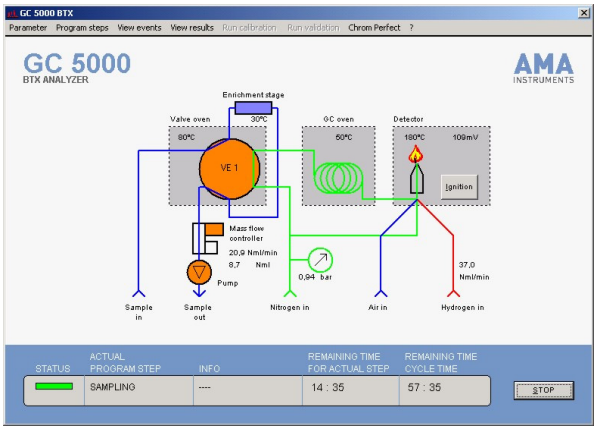
- Programm gestoppt (Program stopped)
- Spülen der Probenahmeleitung (Purging of sample line)
- Probenahme (Sampling)
- Warten auf GC Startbereitschaft (Waiting for GC Ready)
- Injektion (Injection)
- Warten auf das Ende der Zykluszeit (Waiting for end of cycle time)

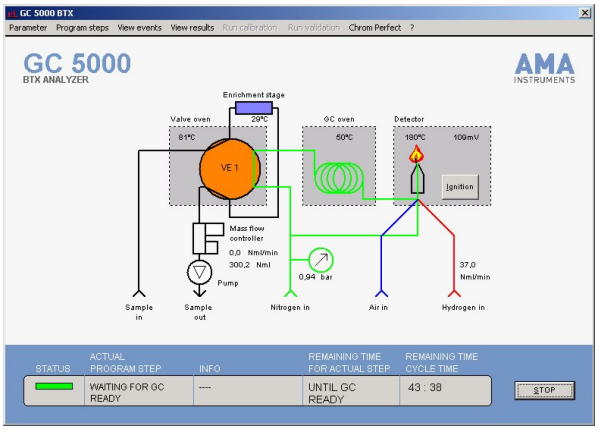
Wenn das Probenahmeprogramm gestartet ist, ist dieser Menüpunkt nicht wählbar. In diesem Fall wird immer der aktuelle Programmschritt angezeigt.

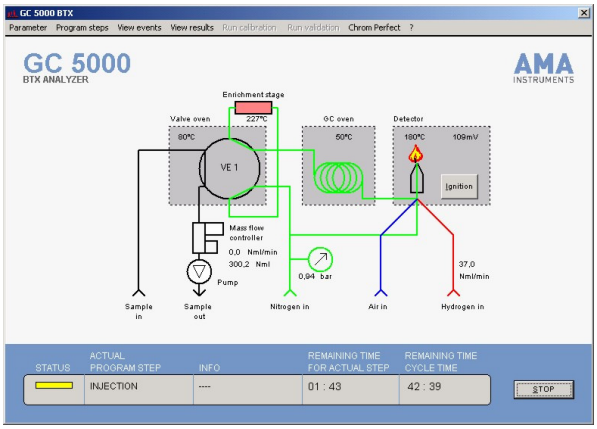
*Copyright by AMA Instruments GmbH*

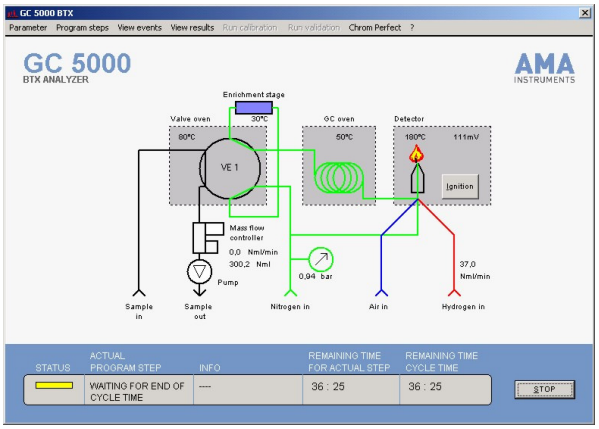


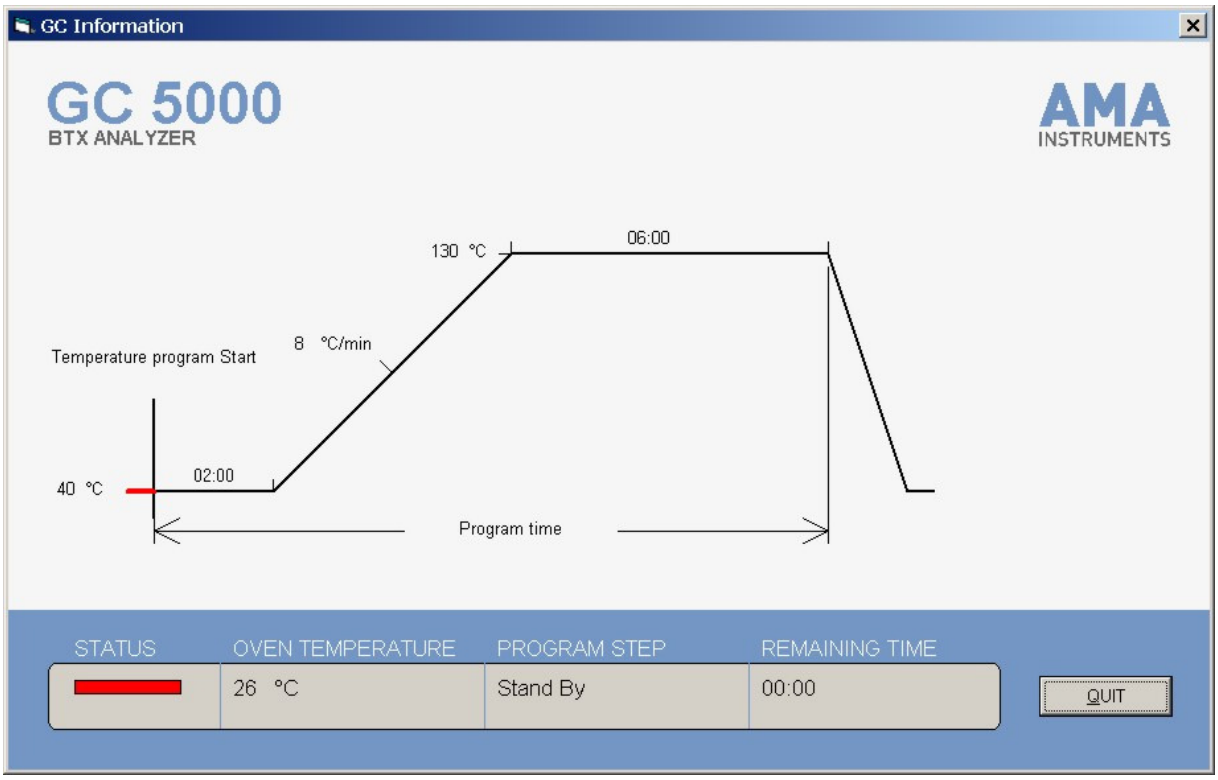




*Copyright by AMA Instruments GmbH*

### 3.2.2.2 Programmablauf GC Ofen

Wird unter dem Menüpunkt „Program steps“ der Punkt „ GC oven“ gewählt, erscheint folgendes Bild:



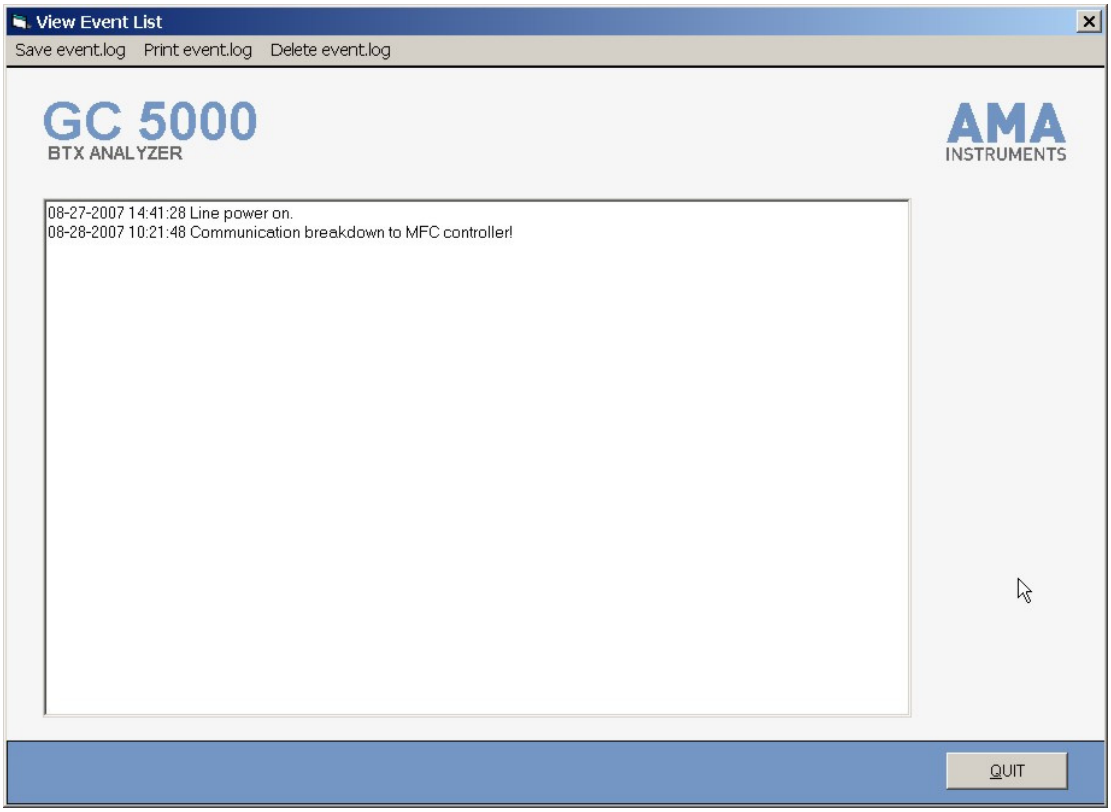

Sie Erhalten visuelle Informationen über das GC Ofenprogramm sowie bei gestartetem Programm den momentanen Status. Oben links ist immer die aktuelle Ofentemperatur eingeblendet, oben rechts die verbleibende Progammzeit, falls gestartet ist. Ferner werden Sie über den „GC ready“ Status informiert und können, falls „not ready“ über die zugehörige Taste detaillierte Informationen anfordern.

### 3.2.3 View events (Einsehen der Ereignisliste)

Jedes Ereignis von Interesse wird mit Datum und Uhrzeit in der event.log gespeichert. Das könnte zum Beispiel sein:

- Fehler wie FID Flamme ist aus, Trägergasdruck ist unter Minimum, Netzausfall usw.
- Die Rücknahme von Fehlern wie FID Flamme an, Trägergasdruck wieder im normalen Bereich, Netzspannung wiederhergestellt usw..
- Standardereignisse wie Zyklusstart oder Stop.

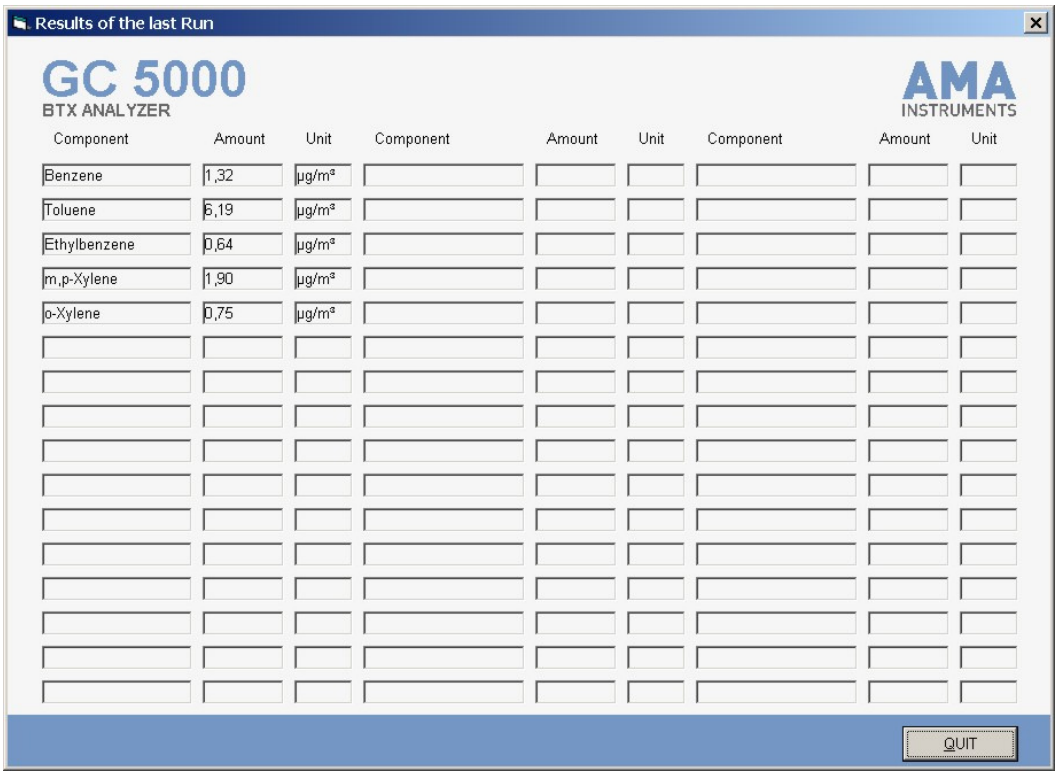
*Copyright by AMA Instruments GmbH*




Benutzen Sie die Menüpunkte zum Ausdrucken bzw. zum Leeren dieser Datei.

### 3.2.4 View results (Einsehen der Resultatsliste)

In diesem Fenster werden die Ergebnisse aus der letzten Messung angezeigt.




*Copyright by AMA Instruments GmbH*

### 3.2.5 Run calibration (Manueller Start eines Kalibrierlaufs)

Mit Hilfe dieser Menüfunktion lässt sich ein Kalibrierlauf von Hand starten. Das Standardmeßprogramm muß hierzu allerdings gestoppt sein. Es besteht die Wahlmöglichkeit zwischen „Manual calibration“ (Ein Lauf im ausgewählten Kalibrierlevel), „Manual calibration sequence“ (Ein Lauf mit jedem Kalibrierlevel wobei der Benutzer vor jedem Zyklus aufgefordert wird entsprechendes Prüfgas an den Probeneingang anzuschließen) und „Auto calibration“ (Ein Lauf mit jedem Kalibrierlevel wobei das entsprechende Prüfgas automatisch aus einer angeschlossenen bzw. eingebauten Kalibriereinrichtung angefordert wird).

### 3.2.6 Run validation (Manueller Start eines Validierlaufs)

Mit Hilfe dieser Menüfunktion läßt sich ein Validierlauf von Hand starten. Das Standardmeßprogramm muß hierzu allerdings gestoppt sein. Es besteht die Wahlmöglichkeit zwischen Cal.1 (Kalibriergas 1) und Cal.2 (Kalibriergas 2) bei eingebauten Kalibriergasumschaltventilen oder allen eingegebenen Kalibrierlevels (bis zu 20) bei externen Kalibriergasmodulen.

### 3.2.7 Chrom Perfect

In diesem Menü besteht die Möglichkeit einige Module der Chromatographiesoftware Chrom Perfect zu starten. Für eine ausführlichere Beschreibung der Chromatographiesoftware siehe Kapitel 7.0.

#### 3.2.7.1 Analysis

Mit dem Analysis Modul können gespeicherte Chromatogramme angesehen und ausgewertet werden. Außerdem besteht die Möglichkeit Integrationsparameter zu ändern oder Retentionszeitfenster zu verschieben. Für eine ausführlichere Beschreibung siehe Kapitel 7.2.

#### 3.2.7.2 File Editor

Mit dem File Editor können Sie Komponententabellen editieren oder neue erstellen. Außerdem ist es möglich nachträgliche Kalibrierungen vorzunehmen. Für eine ausführlichere Beschreibung siehe Kapitel 7.4.

### 3.2.8 Fenster: Hilfe (?)

Der Menüpunkt „?“ informiert Sie über die laufende Softwareversion. Diese ist nützlich bei Fragen zum Programm.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 3.3 Bedienung über Tasten und LCD Anzeige auf der Gerätefront

Standardmäßig ist der VOC Analyzer mit einem LCD Display und 4 Bedientasten in der Frontplatte ausgerüstet. Einfache Funktionen wie Start oder Stopp, ein- und ausschalten der Remote Funktion, die Visualisierung von Fehlern bzw. des Gerätestatus und die Resultate des letzen Laufes können so ohne angeschlossenen Monitor ausgeführt werden.
Nach dem Einschalten des Analyzers erscheint auf dem Display für ca. 10 Sekunden eine Initialisierungsmeldung. Danach erscheint folgende Anzeige:

Die erste Zeile gibt Auskunft über den Gerätetyp wie GC 5000 BTX, Process oder VOC. In der zweiten Zeile wird auf der linken Seite der aktuelle Programmschritt angezeigt. Auf der rechten Seite wird man über den GC Status (ready oder not ready) informiert.
Die dritte Zeile ist frei für spezielle Meldungen. Die vierte Zeile beschreibt immer die Funktion der vier darunter liegenden Tasten. Mit der linken Taste kann das Programm gestartet bzw. gestoppt werden. Mit der Mode-Taste wird die Fernbedienung konfiguriert. Results zeigt die letzten Messwerte und mit Status sieht man mögliche Fehlermeldungen sowie den aktuell gewählten Probenkanal.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Taste Mode:

Das Display zeigt den aktuellen Zustand. Die Fernsteuerung (Remote control) ist ein- oder ausgeschaltet. Die Funktion Wartung ist nur wählbar, wenn die Fernsteuerung eingeschaltet ist. Mit der Taste „Exit“ gelangt man wieder zum Hauptmenü.

Taste Results:

Es werden die Resultate des letzten Laufes angezeigt. Bei mehr als 3 Resultaten kann mit den „Up“ und „Down“ Tasten gescrollt werden.
Mit der Taste „Exit“ gelangt man wieder zum Hauptmenü.

Taste Status:

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Taste Channel:

Es wird der momentan gewählte Probenkanal angezeigt.

Mit der Taste „Exit“ gelangt man wieder zum Hauptmenü.

Taste Errors:

Hier wird, falls vorhanden jeweils ein Fehler angezeigt. Weitere Fehler können mit „More“ angezeigt werden.

Mit der Taste „Exit“ gelangt man wieder zum Hauptmenü.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

# Teil IV Bedienung

## 4.0 Programmierung (Eingabe der Parameter)

Die Eingabe von Parametern erfolgt über den Menüpunkt „Parameter“ im Hauptmenü. Das Eingabefeld des zu editierenden Parameters wird angeklickt. Der neue Wert wird nun entweder über die Tastatur oder über anklicken der entsprechenden Felder des numerischen Eingabefensters eingegeben.
Bevor die neuen Parameter als Methode gespeichert bzw. als neue aktuelle Werte übernommen werden, werden sie automatisch geprüft. Eine Fehlermeldung zeigt Fehler in den Parametern an. War die Eingabe fehlerfrei, werden die neuen Werte als Methode bzw. als aktuelle Werte übernommen.

## *Genereller Hinweis:*

*Wenn Parameter während einer laufenden Analyse geändert werden, sind die folgenden Punkte unbedingt zu beachten:*

*1) Generell*

*Alle Parameter können zu jeder Zeit und in jedem Programmschritt geändert werden.*

*2) Änderung von Zeiten*

*Die Übernahme einer Zeit, die gerade läuft, ist nicht möglich. Diese neuen Zeitwerte werden in diesem Fall erst im nächsten Zyklus aktiv.*
*Beispiel: Der Programmschritt „Probenahme“ läuft, die Probenahmezeit wird geändert und als „actual value“ gespeichert.*
*Effekt:*
*Die Probenahme wird nach Ablauf der alten Zeit beendet. Im nächsten Lauf startet die Probenahme mit der neuen Zeit.*

*3) Änderung von Temperatursollwerten*

*Neue Temperaturwerte werden immer und unabhängig vom aktuellen Programmschritt sofort übernommen.*

*4) Maximalwert für Zeiten*

*Die Maximalzeit für jeden Programmschritt beträgt: 59 min 59 sec.*
*Die maximale Zykluszeit beträgt 23h 59 min und 59 sec.*

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 4.1 Programmierung Sollwerte Anreicherung

### 4.1.1 Vorspülzeit der Probenleitung (Purging time)

Für diese Zeit wird die Probenleitung mit aktueller Probe bzw. Kalibriergas gespült, damit bei Start der Probenahme sofort aktuelle Probe im System ankommt.

### 4.1.2 Anreicherungstemperatur BTX-Stufe (Sampling temperature)

Auf diesen Temperaturwert (+/-5°C) muß die BTX-Stufe abgekühlt sein, bevor auf dieser angereichert, d.h. Probe genommen wird.

### 4.1.3 Probenahmezeit (Sampling time)

Innerhalb dieser Zeit muß das eingegebene Probenahmevolumen erreicht worden sein.

### 4.1.4 Probenahmevolumen (Sampling volume)

Hier wird der Sollwert für das Probenvolumen eingestellt. Eingaben, die größer sind als das mit dem maximal zulässigen Volumenstrom des Flow-Controllers erreichbare Volumen, werden von der Software verhindert.

### 4.1.5 Errechneter Probengasfluß

Der hier angezeigte Wert der Sauggeschwindigkeit bei der Probenahme ergibt sich aus dem Quotienten des Probenvolumens und der Probenahmezeit abzüglich 10 s. Durch diese Korrektur der Zeit wird sichergestellt, daß das angestrebte Probenahmevolumen auch bei leicht gestörter Probenahme erreicht wird.
Achtung: Dieser Wert wird erst nach erfolgter Speicherung als „actual value“ errechnet und angezeigt. Bis dahin erscheint noch der alte Wert.

### 4.1.6 Injektionstemperatur der BTX-Stufe (Injection temperature)

Auf den hier eingegebenen Wert wird die BTX-Stufe bei der Injektion der angereicherten Probe auf die Kapillartrennsäule geheizt.

### 4.1.7 Injektionszeit (Injection time)

Während der hier eingegebenen Zeit wird die verdampfende Probe aus der heißen BTX-Stufe auf die GC-Trennsäule übergeben. Gleichzeitig erfolgt das Startsignal für die Datenaufnahme und das GC-Temperaturprogramm beginnt.

### 4.1.8 Zykluszeit (Cycle time)

An dieser Stelle wird die Zykluszeit eingegeben.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

### 4.1.9 Chrom Perfect method

An dieser Stelle wird die aktuelle Methode für das Chromatographie-Programm Chrom Perfect ausgewählt.

### 4.1.10 Temperatur des Ventilofens (Valve oven temperature)

Der Ventilofen der Anreicherungseinheit wird auf den hier eingegebenen Wert geheizt. Die Temperatur muß zwischen +40 °C und +150 °C liegen.

### 4.1.11 Temperatur des Detektors (Detector temperature)

Der Detektor wird auf den hier eingegebenen Wert geheizt. Die Temperatur muß zwischen +130 °C und +200 °C liegen.

### 4.1.12 Wasserstoffffluß (Hydrogen flow)

Der Wasserstoffffluß wird auf den eingegebenen Wert geregelt. Der Fluß muß zwischen 25ml/min und 75ml/min liegen. Standardwert ist 40ml/min.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 4.2 Programmierung Sollwerte GC-Modul

Allgemeines:

Als Anfangstemperatur muß in Schritt 1 eine Temperatur ≥ 40°C gewählt werden. Die Aufheizrate muß zwischen den Werten 0°C/min und 25°C/min liegen. Die Endtemperatur im Temperaturprogramm muß höher sein als die Ausgangstemperatur. Keine Temperatur darf 220°C überschreiten. Dies gilt für alle Schritte des Programms. Wird eine Heizrate gleich Null gesetzt, werden alle Eingaben für die folgenden Programmschritte ignoriert.

### 4.2.1 Anfangstemperatur (Initial temperature)

Hier läßt sich die Anfangstemperatur des Temperaturprogramms einstellen. Diese muß im Bereich von +40 –220°C liegen, ansonsten erfolgt eine Alarmmeldung.

### 4.2.2 Isotherme Anfangszeit (Initial temperature)

Hier erfolgt die Einstellung der isothermen Anfangszeit des Temperaturprogramms.

### 4.2.3 Heizrate 1 (Heating rate 1)

Hier erfolgt die Wahl für die Aufheizrate der ersten Stufe des Temperaturprogramms in °C/min.

### 4.2.4 Endtemperatur 1 (Final temperature 1)

Hier erfolgt die Einstellung der Endtemperatur, die der GC nach der Aufheizung halten soll. Dieser Wert ist gleichzeitig die Starttemperatur für Stufe 2 des Temperaturprogramms.

### 4.2.5 Haltezeit 1 (Final tepmerature 1)

Hier kann die Zeit eingestellt werden, in welcher der GC die Endtemperatur 1 halten soll, bevor eine erneute Aufheizung, also Schritt 2 des Temperaturprogramms bzw. das Programmende erfolgt.

### 4.2.6 Heizrate 2 (Heating rate 2)

Hier wird ausgehend von der Endtemperatur 1 die Aufheizrate in °C/min für den zweiten Schritt des Temperaturprogramms eingegeben.

### 4.2.7 Endtemperatur 2 (Final temperature 2)

Hier erfolgt die Einstellung der Endtemperatur, die der GC nach der Aufheizung 2 halten soll. Dies ist die Starttemperatur für den dritten Schritt des Temperaturprogramms.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

### 4.2.8 Haltezeit 2 (Final time 2)

Mit diesem Programmschritt bestimmt man die Dauer des Haltens der Temperatur die im vorherigen Schritt bestimmt wurde. Nach Ablauf der Zeit folgt entweder Schritt 3, oder das Ende des Temperaturprogramms.

### 4.2.9 Heizrate 3 (Heating rate 3)

Bestimmung der Aufheizrate in °C/min für den dritten Schritt des Temperaturprogramms.

### 4.2.10 Endtemperatur 3 (Final temperature 3)

Hier wählt man die Temperatur, welche der Ofen nach der Aufheizung 3 erreichen soll. Auch hier darf die eingestellte maximale Ofentemperatur nicht überschritten werden.

### 4.2.11 Isotherme Nachlaufzeit (Final time 3)

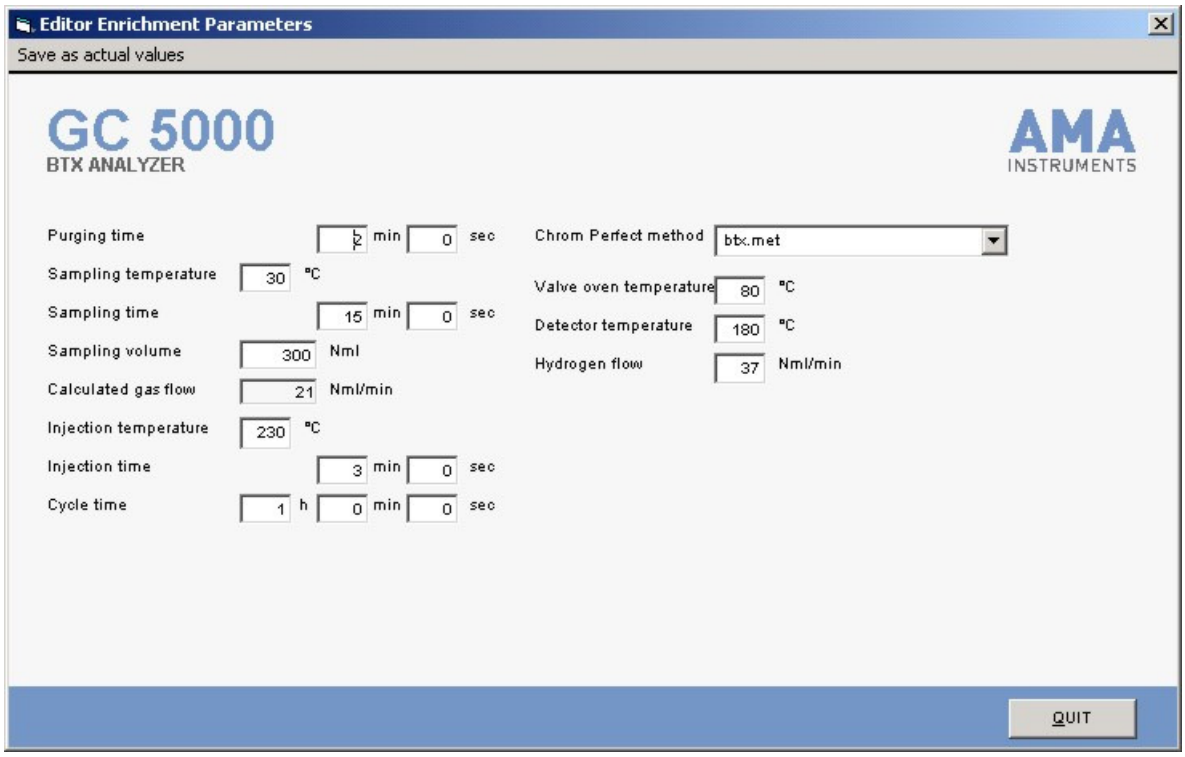
Einstellung des Wertes für die isotherme Nachlaufzeit des Temperaturprogramms. Nach Ablauf dieser Zeit erfolgt das Programmende und die automatische Abkühlung des Ofens auf die Anfangstemperatur.

### 4.2.12 Gesamtzeit Temperaturprogramm (Total time temperature program)

Die Summe aller Vorlauf-, Aufheiz- und Haltezeiten ergibt die Gesamtzeit des Temperaturprogramms. Dieser Wert wird erst nach betätigen der Taste „Calculate...“ aktualisiert.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 5.0 Programmierbeispiel:




Nachdem die Start-Taste gedrückt wurde, wird die Pumpe gestartet und die Probenleitung wird zwei Minuten lang mit aktueller Probe gespült. Diese Zeit wird auch dazu benutzt die BTX-Stufe auf 30°C abzukühlen, wenn nicht schon vorher geschehen. Danach schaltet VE1 und es wird mit einem Fluß von 32ml/min Probe genommen bis 300ml erreicht sind. Nun lädt Chromperfect die Methode btx.met und nachdem VE1 zurückgeschaltet ist, wird die BTX-Stufe schnell für 3 Minuten auf 230°C geheizt. Gleichzeitig starten auch das GC-Temperaturprogramm sowie die Aufzeichnung des Chromatogramms. Nach beendeter Injektion kühlt die BTX-Stufe wieder auf die Probenahmetemperatur ab und das System wieder bereit zum nächsten Zyklusstart. Dieser kann auch schon erfolgen bevor das GC-Temperaturprogramm beendet ist.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 6.0 Fehler- und Alarmmeldungen, Warnungen

Im Falle einer Störung des Systems wird der Benutzer über Hinweisfenster darauf aufmerksam gemacht. Diese Hinweise erscheinen automatisch auf dem Bildschirm des Steuerrechners. Zu jeder der folgenden Meldungen sind mögliche Ursachen beschrieben.
Es wird hierbei unterschieden in Warnungen, Alarme und Fehler.

## 6.1 Warnungen

Warnungen sind Hinweise auf kleinere Ungereimtheiten im Programmablauf

### 6.1.1 Warnung 1

Die Anreicherungstemperatur war zu Beginn der Probenahme nicht erreicht. Das Programm wird fortgesetzt.

**The enrichment stage was not cold enough at the start of sampling.**
**The program will be continued!**

a) Die Spülzeit bzw. die Zykluszeit ist zu kurz gewählt.

b) Die Umgebungstemperatur ist zu hoch, um die erforderliche Anreicherungstemperatur zu erreichen. Es ist notwendig, eine Klimaanlage einzusetzen. Die Solltemperatur der Anreicherung muß erhöht werden, sofern es die Anwendung ermöglicht.

c) Der Peltierkühler ist defekt. Überprüfen Sie ob der Aluminiumblock des Kühlers kalt ist.

### 6.1.2 Warnung 2

Das Probenahmevolumen wurde nicht erreicht. Das Programm wird fortgesetzt.

**The selected sampling volume has not been reached.**
**The program will be continued!**

a) Der Probenahmeweg war zumindest zeitweise unterbrochen, so daß die Pumpe nicht das gewünschte Volumen durch die Anreicherungsstufe saugen konnte.

## 6.2 Alarme

Alarme sind Hinweise auf Programmierfehler, die zum Abbruch des Probenahmeprogrammes führen.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

### 6.2.1 Alarm 1

Das Probenahmevolumen wurde dreimal hintereinander nicht erreicht. Das Programm wurde gestoppt.

**The selected sampling volume has not been reached 3 times in a row!**
**The program has been stopped!**

a) Die Pumpe ist defekt. Die Ausgangsverschraubung am MFC (mass flow controller) lösen und an der offenen Leitung überprüfen, ob die Pumpe einen Unterdruck erzeugt. Ist nur ein schwacher oder kein Unterdruck zu spüren, muß sie ausgewechselt werden.

b) Das Drehventil VE 1 schaltet nicht sauber und verharrt in einer undefinierten Zwischenstellung. Überprüfen Sie den Drucklufteingang. Ein Druck von min. 3,5 bar sollte anliegen. Ist dies der Fall, betätigen Sie den roten Knopf auf dem zum Drehventil gehörenden Magnetventil. Der Antrieb des Drehventils sollte sich hörbar bewegen. Wenn ein Zischen hörbar ist, müssen die Druckluftanschlüsse an Drehventil und Magnetventil überprüft werden. Sind alle Anschlüsse dicht, ist der Antrieb des Drehventils oder das Magnetventil undicht und muß gewartet/ausgetauscht werden.

c) Der Probenahmeweg ist die ganze Zeit blockiert. Lösen Sie die Eingangsverschraubung des MFCs (mass flow controller), starten die Probenahme und überprüfen erneut den Probenfluß.
Ist der Fluß immer noch zu klein, ist der MFC die Ursache. Der gesamte MFC muß zur Reparatur eingeschickt werden.
Ist der Fluß nun in Ordnung, liegt die Ursache an anderer Stelle im Probenahmeweg. Starten Sie die Probenahme und lösen Sie die Eingangsverschraubung der Anreicherungsstufe (rechte Seite). Ist der Fluß jetzt immer noch zu klein, ist die Anreicherungsstufe die Ursache. In diesem Fall schließen Sie die Stufe wieder an und spülen Sie die Stufe für 15 Minuten mit 270 °C bei einem Fluß von 20 ml/min. Bleibt der Probenahmefluß danach zu klein, muß die Stufe ausgewechselt werden.
Ist der Fluß nach Lösen der Eingangsverschraubung in Ordnung, lösen Sie die Probenahmeleitung hinten außen am Analyzer. Starten Sie die Probenahme. Ist der Fluß nun in Ordnung, liegt das Problem außerhalb des Analyzers in der Probenleitung. Anderenfalls ist die Probenleitung im Analyzer verstopft. In diesem Fall sollten Sie die Eingangsverschraubung der Anreicherungsstufe lösen und die Leitung rückwärts mit Preßluft frei blasen. Danach sollte über den Einbau eines Filters am Probeneingang nachgedacht werden.

### 6.2.2 Alarm 2

Der Trägergasdruck ist unter Minimum! Das Programm wurde gestoppt.

**The carrier gas pressure is below minimum!**
**The program has been stopped!**

a) Die Trägergasflasche ist leer.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

### 6.2.3 Alarm 5

Die Zündung des FID ist nicht möglich! Das Programm wurde gestoppt**.**

**Ignition of the FID is not possible!**
**The program has been stopped!**

a) Die Gasflüsse sind nicht in Ordnung. Kontrollieren Sie die eingestellten Gasflüsse im Steuer-Programm. Die korrekten Flüsse sind: Wasserstoff 40-45ml/min, Luft 220ml/min und Make-up Gas 30ml/min. Oft ist nach dem ersten Einschalten Luft in der Wasserstoffleitung und es braucht eine geraume Zeit, bis Wasserstoff am FID ankommt In diesem Fall können Sie den Wasserstoffffluß für kurze Zeit erhöhen.

b) Die Glühkerze ist beschädigt. Halten Sie einen Spiegel an den FID-Kamin und betätigen Sie die Zündung. Wenn die Glühkerze nicht hell orange glüht, ist sie auszuwechseln.

a) Der FID ist gezündet, aber das FID-Ausgangssignal bleibt negativ. Kontrollieren Sie, ob am Kamin Kondenswasser entsteht. In diesem Fall muß die Offset Einstellung des FID-Verstärkers so justiert werden, daß das FID-Ausgangssignal bei nicht brennendem FID negativ und bei brennender FID Flamme positiv ist.

b) Der FID ist kontaminiert. Schalten Sie den Analyzer aus und lassen Sie das Gerät abkühlen. Lösen Sie die Innensechskantschraube an der vorderen Seite des FID-Gehäuses mit einem 1,5mm Sechskantschlüssel und entfernen Sie den oberen Teil des FIDs. Kontrollieren Sie das Innere des FIDs auf Schmutz oder Partikel.

### 6.2.4 Alarm 6

Die Detektortemperatur ist unter den Minimalwert gesunken. Das Programm wird in 8 Minuten gestoppt**.**

**The detector temperature is below minimum.**
**If the program is running, it will be stopped after time out.**

a) Das Gerät wurde gerade eingeschaltet und der Detektor wird noch aufgeheizt. In diesem Fall wird die Temperatur erreicht, bevor die 8 Minuten um sind.

b) Der Sollwert des Detektors wurde angehoben. Auch hier sollte der neue Wert in weniger als 8 Minuten erreicht sein.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

### 6.2.5 Alarm 7

Die Temperatur des FID war für mindestens 8 Minuten unter Minimum. Das Programm wurde gestoppt**.**

**The temperature of the FID has been below minimum for at least 8 minutes!**
**The program has been stopped!**

a) Die Heizpatrone des Detektors ist defekt. Schalten Sie den Analyzer aus. Lösen Sie den weißen Stecker der FID-Heizung und messen Sie den elektrischen Widerstand der Heizpatrone. Der Wert muß sich im Bereich von 200 – 300 Ohm bewegen. Anderenfalls ist die Patrone auszuwechseln.
b) Die Schmelzsicherung der Detektorheizung ist defekt und muß ausgetauscht werden. Diese Sicherung befindet sich auf der SSR Karte auf der Unterseite des Analyzers. Um unsachgemäße Arbeiten zu verhindern, wird in diesem Manual auf die genaue Beschreibung des Sicherungswechsels verzichtet. Bitte kontaktieren Sie im Ernstfall unsere Serviceabteilung (Tel. siehe Seite 1), die bei Bedarf auch telefonisch hilft. Vorher ist das Gerät unbedingt auszuschalten.

## 6.3 Fehler

Fehlermeldungen beziehen sich auf Hardwarefehler im Analyzer. Sie sind vom Anwender nicht behebbar. Die einzige Möglichkeit der Fehlerbeseitigung vor Ort besteht im Herunterfahren des Gerätes, völliger Netztrennung und Wiederanfahren nach mehreren Minuten Wartezeit. Die Fehler haben bei allen Analyzern die gleichen Nummern, daher kann es vorkommen, daß beim GC-5000-BTX manche Fehlernummern scheinbar fehlen.

### 6.3.1 Fehler 1

Kommunikationsfehler zum Temperaturcontroller. Das Programm wurde gestoppt.

**Communication breakdown to temperature controller. The program has been stopped.**

Der im Meßgerät eingebaute Computer bekommt keine Verbindung mehr zum Temperaturcontroller. Das heißt, Istwerte werden nicht mehr korrekt angezeigt und Sollwertänderungen werden nicht mehr ausgeführt.

### 6.3.2 Fehler 2

Kommunikationsfehler zum Gasflußcontroller. Das Programm wurde gestoppt.

**Communication breakdown to valve controller. The program has been stopped.**

Der im Meßgerät eingebaute Computer bekommt keine Verbindung mehr zum Controller für die Ventile. Das heißt, Trägergasdruckwerte werden nicht mehr korrekt angezeigt und Ventile werden nicht mehr geschaltet.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

### 6.3.3 Fehler 7

Defekt vom Detektor-Temperaturfühler. Das Programm wurde gestoppt. Alle Heizungen wurden ausgeschaltet. Der Wasserstoff wurde abgesperrt.

**Malfunction of the detector temperature sensor. The program has been stopped. All heaters have been turned off. Hydrogen has been turned off.**

Das Thermoelement vom Detektor ist defekt und muß ersetzt werden.

### 6.3.4 Fehler 8

Defekt vom GC-Ofen-Temperaturfühler. Das Programm wurde gestoppt. Alle Heizungen wurden ausgeschaltet. Der Wasserstoff wurde abgesperrt.

**Malfunction of the GC oven temperature sensor. The program has been stopped. All heaters have been turned off. Hydrogen has been turned off.**

Das Thermoelement vom GC-Ofen ist defekt und muß ersetzt werden.

### 6.3.5 Fehler 9

Defekt vom Ventilofen-Temperaturfühler. Das Programm wurde gestoppt. Alle Heizungen wurden ausgeschaltet. Der Wasserstoff wurde abgesperrt.

**Malfunction of the valve oven temperature sensor. The program has been stopped. All heaters have been turned off. Hydrogen has been turned off.**

Das Thermoelement vom Ventilofen ist defekt und muß ersetzt werden.

### 6.3.6 Fehler 10

Defekt vom Anreicherungsstufen-Temperaturfühler. Das Programm wurde gestoppt. Alle Heizungen wurden ausgeschaltet. Der Wasserstoff wurde abgesperrt.

**Malfunction of the enrichment stage temperature sensor. The program has been stopped. All heaters have been turned off. Hydrogen has been turned off.**

Das Thermoelement von der Anreicherungsstufe ist defekt und die Anreicherungsstufe muß ersetzt werden.

### 6.3.7 Fehler 11

Kommunikationsfehler zum Probenflußcontroller. Das Programm wurde gestoppt.

**Communication breakdown to sample MFC. The program has been stopped.**

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Der im Meßgerät eingebaute Computer bekommt keine Verbindung mehr zum Controller für das Probenvolumen. Das heißt, Istwerte werden nicht mehr korrekt angezeigt und Sollwertänderungen werden nicht mehr ausgeführt.

### 6.3.8 Fehler 13

Kommunikationsfehler zum Wasserstoffflußcontroller. Das Programm wurde gestoppt.

**Communication breakdown to hydrogen MFC. The program has been stopped.**

Der im Meßgerät eingebaute Computer bekommt keine Verbindung mehr zum Controller für den Wasserstoffffluß. Das heißt, der Gasfluß wird nicht mehr korrekt angezeigt und Sollwertänderungen werden nicht mehr ausgeführt.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 7.0 Kurzanleitung: Bedienung der Chromatographiesoftware Chrom Perfect

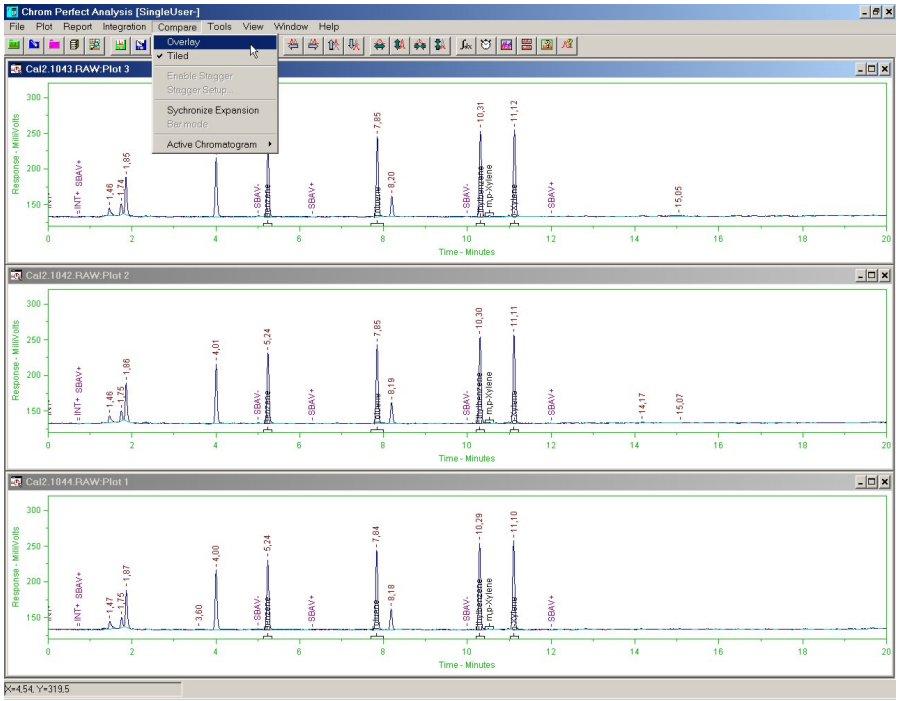
Diese Anleitung beschreibt die wichtigsten Funktionen, um nach einer Inbetriebnahme korrekten Ergebnissen zu erzielen.

### 7.1 Softwarearchitektur

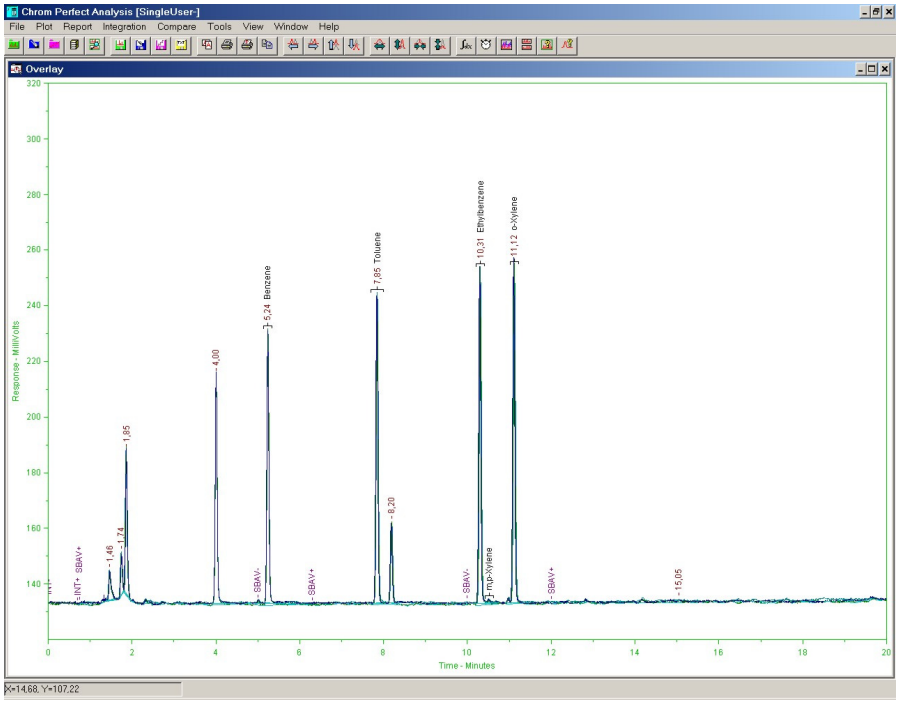
Die Software des GC5000-BTX besteht aus zwei Teilen, der Steuersoftware GC5000-BTX und der Chromatographiesoftware ChromPerfect.
Alle Funktionen des Systems, außer Ändern von Retentionszeitfenstern und Integrationsparametern, sowie dem Nachbearbeiten von Chromatogrammen, werden mit der GC5000-BTX Software gesteuert.
Die ChromPerfect Software zeichnet die Chromatogramme auf, wertet sie aus und übergibt die Meßergebnisse über eine Dateiverknüpfung an das GC5000-BTX Programm. Die Ergebnisse können dann über eine serielle Schnittstelle mit dem Gesytec II Protokoll oder über optionale analoge Ausgänge an einen Meßzentralrechner weitergegeben werden.
Wichtige Programmteile sind die Module „Analysis“ und „File Editor“.
Mit „Analysis“ kann man Chromatogramme laden, auswerten, die Integration überprüfen oder modifizieren, und auch Retentionszeitfenster anpassen.
Mit „File Editor“ können alle Parameter geändert, neue Komponenten einfügt oder die Kalibrierung anpaßt werden.
Beide Module werden später genauer beschrieben.

### 7.2 Optimierung der Messungen: „Modul Analysis/File“

Nach der Inbetriebnahme des GC5000 und 2 – 3 Messungen wird im Modul „Analysis“ das letzte Chromatogramm geladen. Sollen mehrere Chromatogramme bearbeitet werden, dann markiert man im Menü „Compare“ den Punkt „Overlay“, so daß die Chromatogramme übereinander statt untereinander angezeigt werden und drückt „Synchronize Expansion“, so daß bei einem Zoom alle Chromatogramme gleichmäßig vergrößert werden.

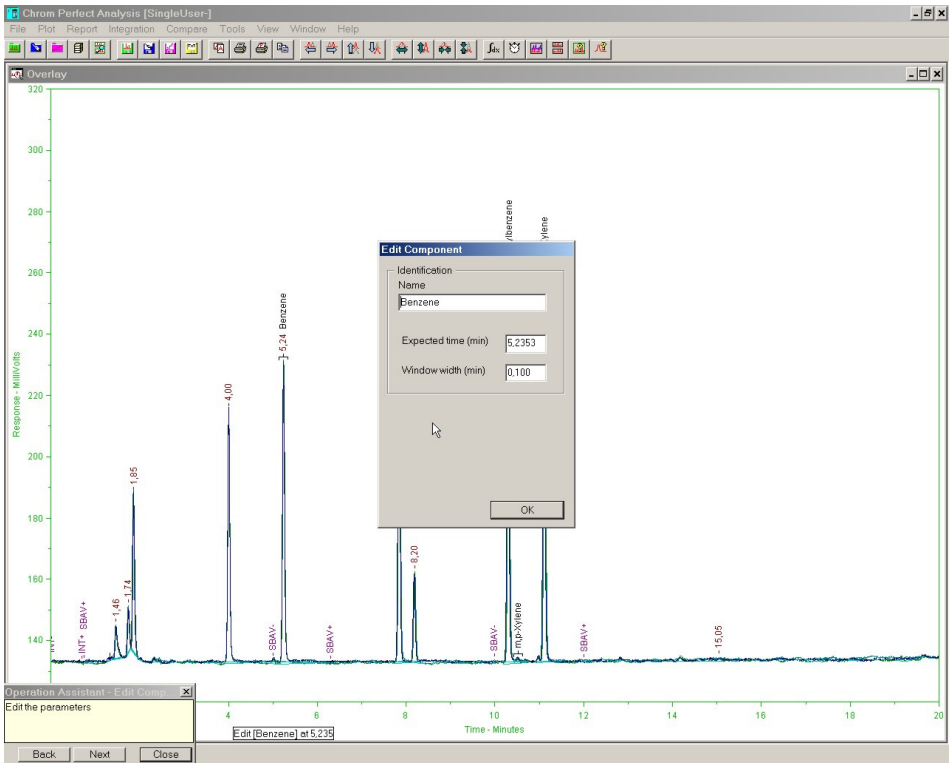



*Copyright by AMA Instruments GmbH*



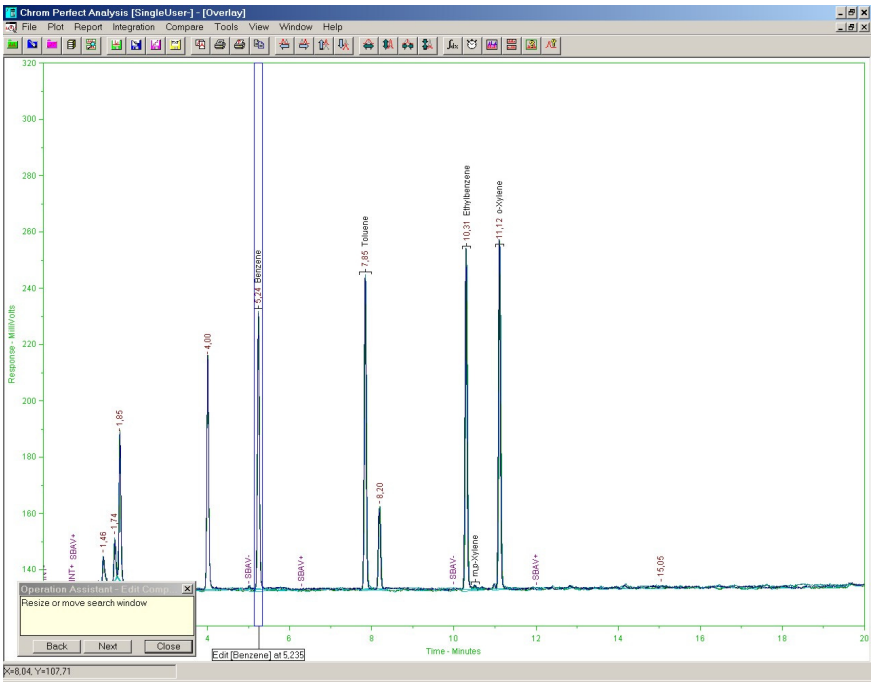

## „Tools/Modify Components“

Als Erstes werden die Retentionszeitfenster kontrolliert. Zum Verändern der Retentionszeitfenster bestehen zwei Möglichkeiten, entweder durch Eingabe von neuen Werten unter „Edit Numeric“ oder durch Ziehen und Klicken mit der Maus „Edit Graphic“. Bei „Edit Numeric“ öffnet sich nach Anklicken eines Peaknamens ein Fenster und dann kann der Name, die erwartete Retentionszeit, sowie die halbe Fensterbreite geändert werden.
In der unteren linken Ecke des Bildschirms kann ein Hilfefenster mit Hinweisen geöffnet werden.

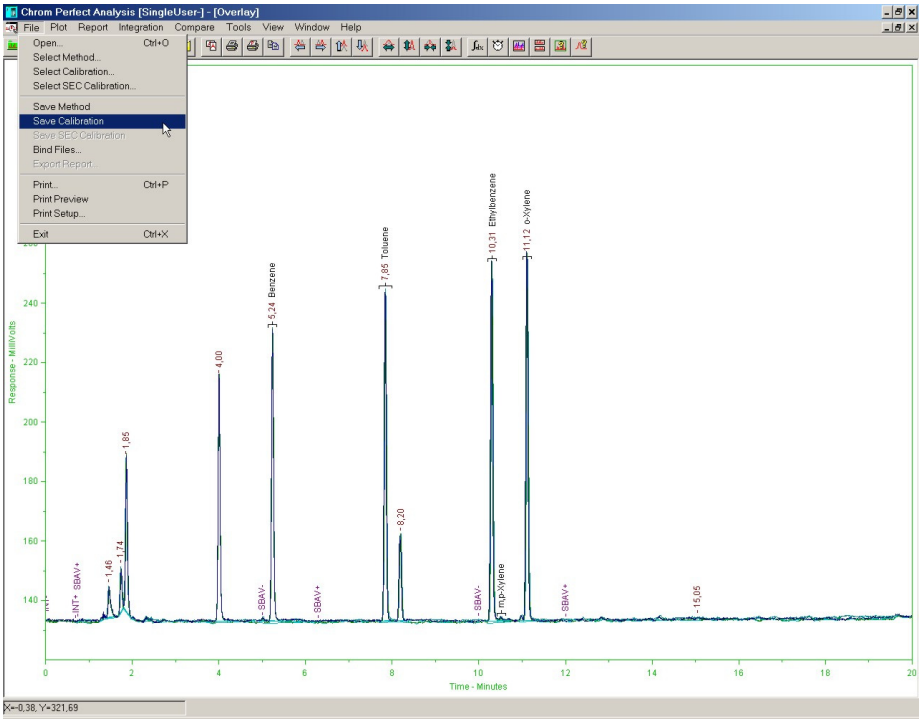



*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Bei „Edit Graphic“ erscheinen Markierungen im Chromatogramm.


Chrom Perfect Analysis [SingleUser-] - [Overlay]
File Plot Report Integration Compare Tools View Window Help
Response - Millivolts
Time - Minutes
1,85 1,74 1,46 4,00 5,24 Benzene 7,85 Toluene 8,20 10,31 Ethylbenzene 11,12 o-Xylene 15,05
Operation Assistant - Edit Comp.
Resize or move search window
Back Next Close
Edit [Benzene] at 5,235
X=8,04, Y=107,71

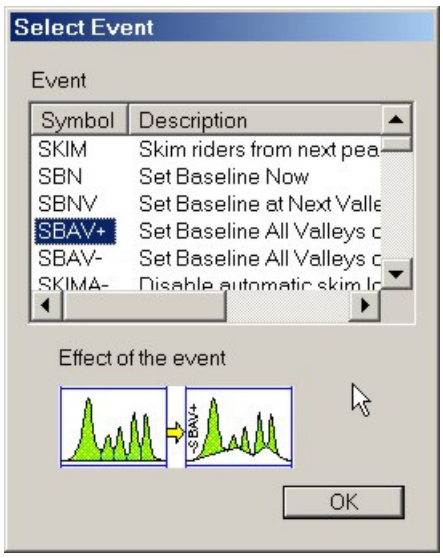
Durch Klicken und Ziehen der blauen Randmarkierungen kann das Retentionszeitfenster vergrößert oder verkleinert werden.
Durch Klicken und Ziehen der unteren Markierung mit dem Peaknamen kann die Position des Retentionszeitfensters verschoben werden.
Sind alle Retentionszeitfenster justiert, so sollten die neuen Werte mit „Save Calibration“ abgespeichert werden. Dabei werden nur die Zeiten geändert, keine Response-Werte.



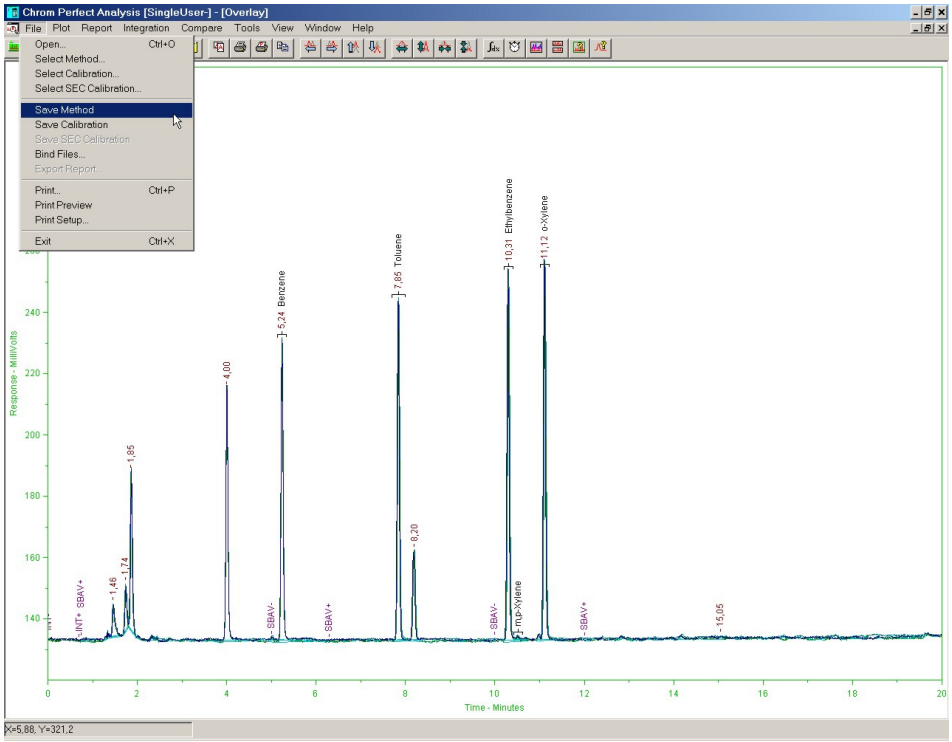

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## „Integration“

Als Nächstes können bei Bedarf die Integrationsparameter optimiert werden. Dazu wählt man eines von den Chromatogrammen, am besten das letzte, und überprüft die Integrationsbasislinie. Im Integrationsmenü sind die Befehle zum Verschieben, Erstellen oder Löschen von Integrationsevents zu finden. Unter „Insert Event“ können alle vorhandenen Ereignisse und durch Anklicken, deren Auswirkungen betrachtet werden.




Sind alle Integrationsparameter gesetzt, so sollten die Änderungen mit „Save Method“ abgespeichert werden.




Jetzt ist das System bereit zur Kalibrierung.

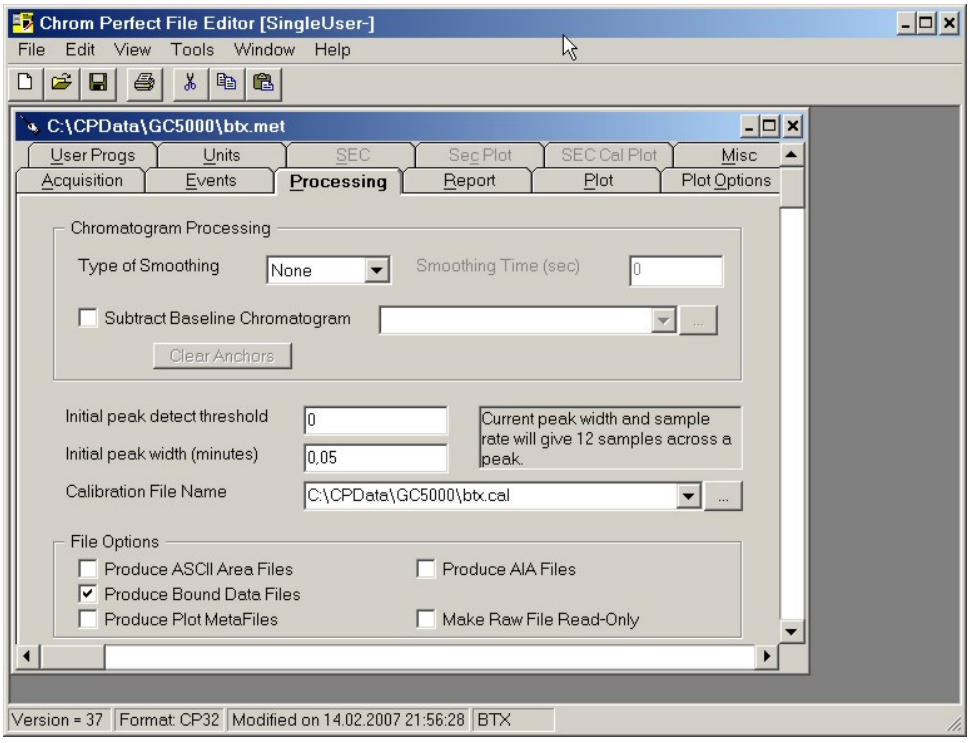
*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 7.3 Kalibrierung unter „GC5000 Control-Software“

Dazu kann Prüfgas am entsprechenden Eingang am GC5000 angeschlossen werden. Das Nadelventil an der Prüfgasflasche ist vorher auf 120 ml/min oder mehr einzustellen.
Die Konzentrationen, der im Prüfgas enthaltenen Komponenten, können in der GC5000-Contol Software im Menü Parameter unter „Calibration gas“ und „Change calibration gas concentration“ eingegeben werden.
Danach kann in der GC5000-Control Software im Menü „Run calibration“ eine Kalibrierung für das entsprechende Prüfgas gestartet werden. Mit diesem Lauf werden automatisch neue Kalibrierdaten für den entsprechenden Level (normalerweise Level 1 = Nullgas, Level 2 = Prüfgas) erstellt.
Nach der Kalibrierung ist das System bereit für neue Messungen.
Die Chromatogramme werden im Verzeichnis C:\cpdata\gc5000 abgelegt. Im gleichen Verzeichnis wird auch eine Datei Tabelle.txt angelegt, die alle Ergebnisse in tabellarischer Form enthält.

## 7.4 Erstellen von neuen Messaufgaben

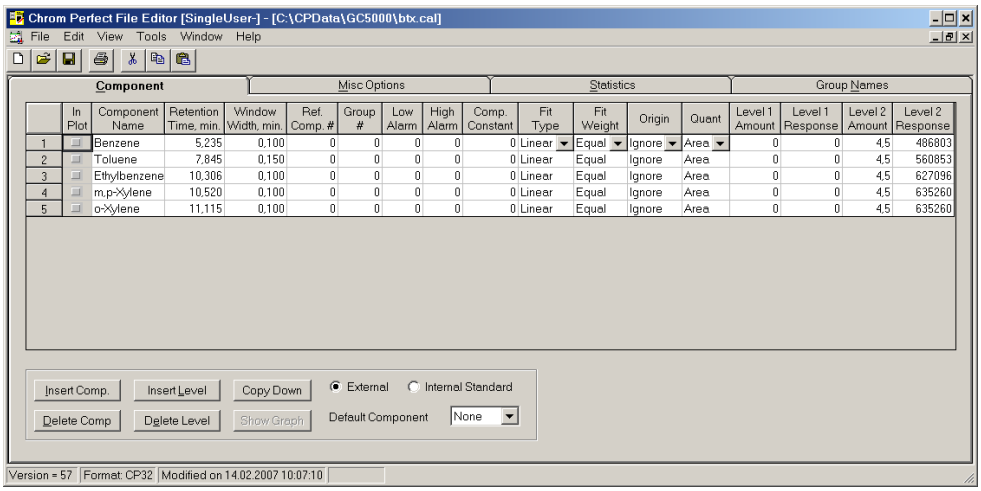
Im ChromPerfect File Editor besteht die Möglichkeit verschiedene Komponententabellen, inklusive Kalibrierdaten zu erstellen. Diese Daten werden in einer Datei mit der Endung .cal abgelegt. Soll eine neue Datei erstellt werden, so muß, um diese zu aktivieren, mit dem File Editor die Methode btx.met geladen werden und auf der Seite „Processing“ unter „Calibration File Name“ die neue Datei anstelle von btx.cal ausgewählt werden.




Danach muß die neue Methode gespeichert werden und wird nun zur Auswertung verwendet.
Sie können natürlich auch komplett neue Methoden erstellen und unter anderem Namen speichern. Die neue Methode muß dann allerdings in der GC-5000-BTX Software unter Parameter, Analysis im Feld „Chrom Perfect method“ aktiviert werden. (Vgl. Kapitel 3.2.1.6)

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

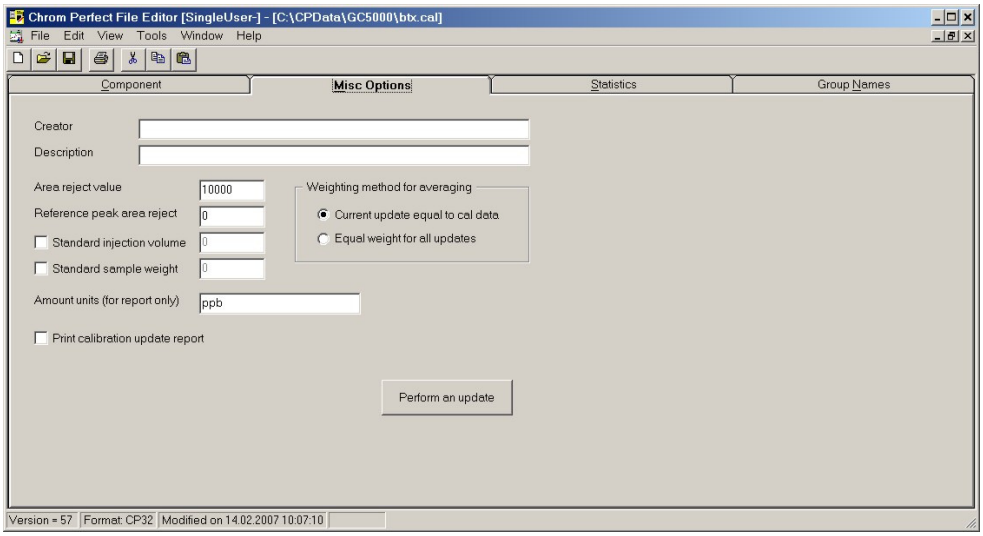
Zur Bearbeitung der Komponententabelle wird diese im File Editor geladen. Man sieht dann das folgende Fenster:




| | In Plot | Component Name | Retention Time, min. | Window Width, min. | Ref. Comp. # | Group # | Low Alarm | High Alarm | Comp. Constant | Fit Type | Fit Weight | Origin | Quant | Level 1 Amount | Level 1 Response | Level 2 Amount | Level 2 Response |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | Benzene | 5,235 | 0,100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Linear | Equal | Ignore | Area | 0 | 0 | 4,5 | 486803 |
| 2 | | Toluene | 7,845 | 0,150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Linear | Equal | Ignore | Area | 0 | 0 | 4,5 | 560853 |
| 3 | | Ethylbenzene | 10,306 | 0,100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Linear | Equal | Ignore | Area | 0 | 0 | 4,5 | 627096 |
| 4 | | m,p-Xylene | 10,520 | 0,100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Linear | Equal | Ignore | Area | 0 | 0 | 4,5 | 635260 |
| 5 | | o-Xylene | 11,115 | 0,100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Linear | Equal | Ignore | Area | 0 | 0 | 4,5 | 635260 |

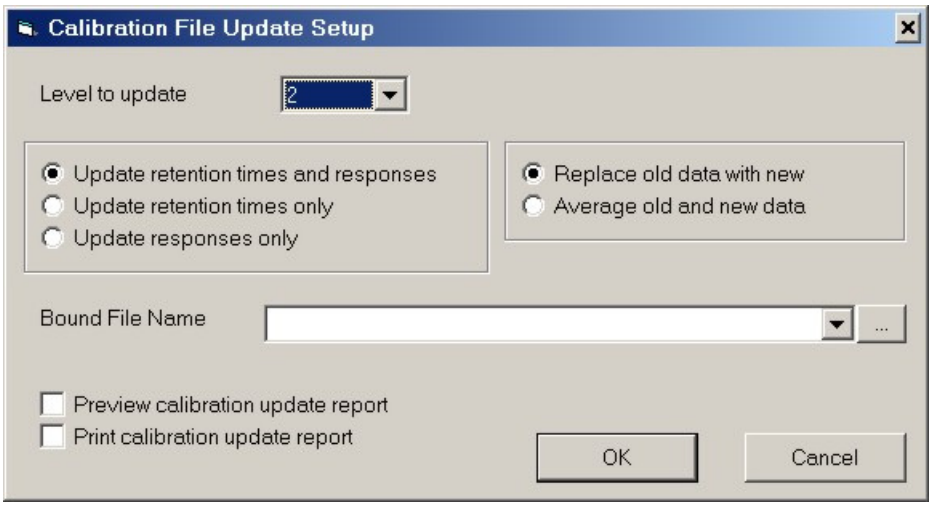
In den Spalten auf der linken Seite kann analog zu „Edit Numeric“ im Analyse-Modul der Substanzname, die Retentionszeit und die halbe Fensterbreite geändert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit mit „Insert Comp.“ neue Komponenten in die Tabelle einzufügen oder mit „Delete Comp.“ aus der Liste zu entfernen.
In der Spalte „Fit Type“ kann die Art der Kalibrierfunktion auf quadratisch, kubisch etc. geändert werden, falls diese nicht linear sein sollte.
Auf der rechten Seite stehen die Spalten mit den Kalibrierlevels. Hier können die Konzentrationen oder die Peakflächen eingegeben oder geändert werden. Zusätzlich können mit „Insert Level“ neue Kalibrierlevels in die Tabelle eingefügt oder mit „Delete Level“ entfernt werden.

Auf der nächsten Seite „Misc Options“ kann man bei „Area reject value“ zum Erkennen eines Peaks ein Peakminimum eingeben.
Bei „Amount units“ wird die Einheit für die Reports eingegeben, in der Regel ppb oder µg/m³.




*Copyright by AMA Instruments GmbH*

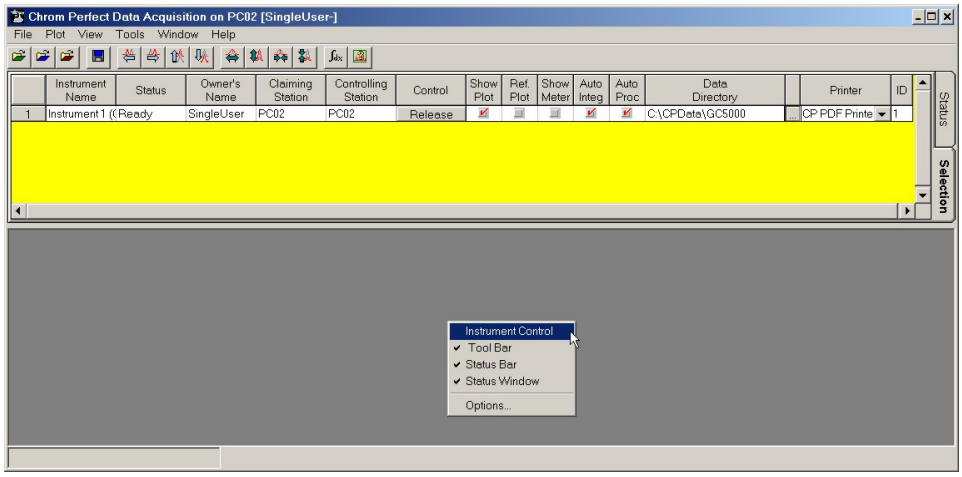
Mit „Perform an update“ kann eine nachträgliche Kalibrierung durchgeführt werden.
Es erscheint dann folgendes Fenster:




Bei „Level to update“ muß der entsprechende Kalibrierlevel markiert werden. In den nächsten beiden Feldern kann die Art der Aktualisierung und Mittelwertbildung gewählt werden.
Im Feld „Bound File Name“ wählt man den Namen des entsprechenden Prüfgaschromatogramms aus und klickt dann auf „OK“. Auf der ersten Seite „Component“ im File Editor kann überprüft werden, ob die Retentionszeiten und/oder Peakflächen korrekt aktualisiert wurden. Zum Schluß wird dann mit „Save“ im „File“-Menü die Komponententabelle wieder gespeichert.

## 7.5 Nachträgliche Datenauswertung

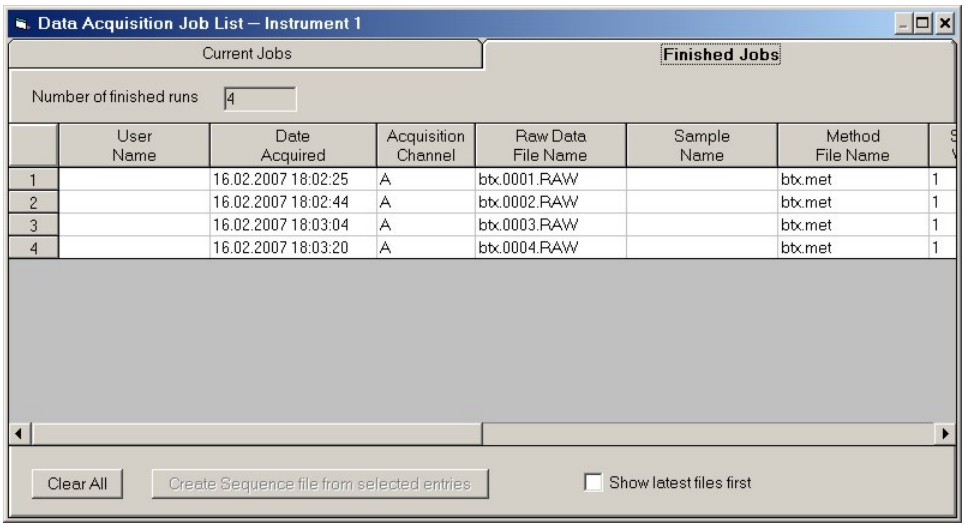
Sind zuvor Chromatgramme aufgezeichnet worden, die nachträglich ausgewertet werden sollen, so verwendet man als Erstes das ChromPerfect „Data Acquisition“ Modul, das ja automatisch von der GC-5000-Control Software gestartet wurde.
Anschließend wird in der unteren Bildhälfte mit der rechten Maustaste „Instrument Control“ gewählt.




In dem sich öffnenden Fenster klickt man auf den Button „Change Download“.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Darauf öffnet sich das folgende Fenster:

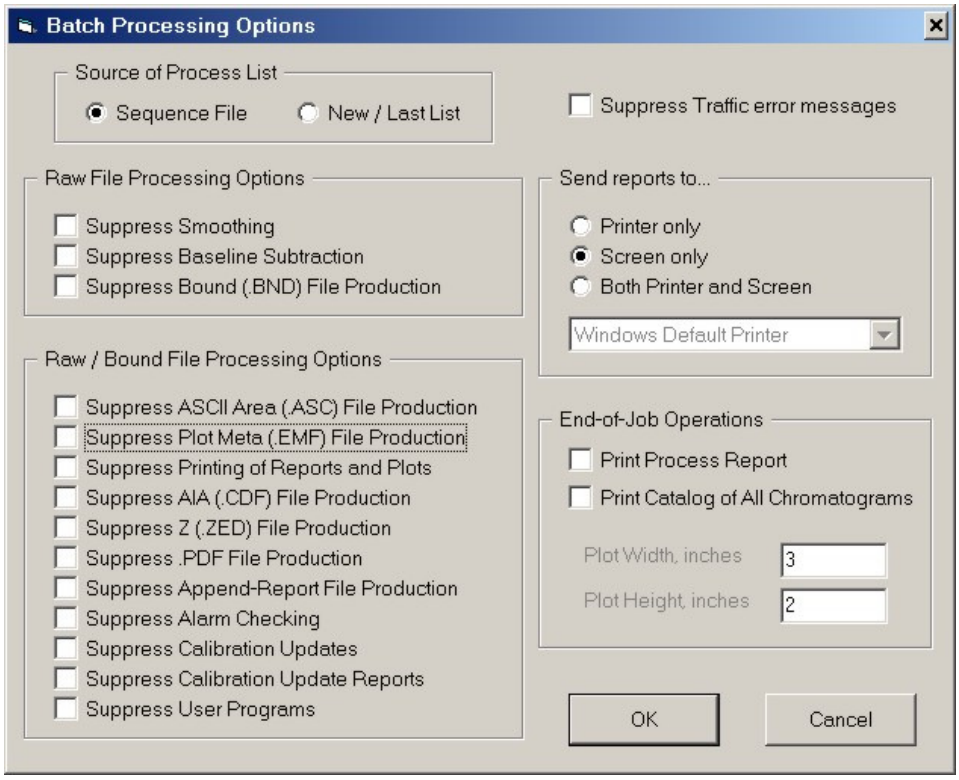



Auf der Seite „Finished Jobs“ sind die zuletzt aufgezeichneten Chromatogramme gelistet. Hier markiert man die Chromatogramme, die neu ausgewertet werden sollen, klickt dann auf den Button „Create Sequence file from selected entries“ und speichert die Sequenz-Datei unter einem beliebigen Namen ab.
Sollen die Chromatogramme nicht mit dem GC 5000, sondern auf einem anderen Computer ausgewertet werden, so müssen die

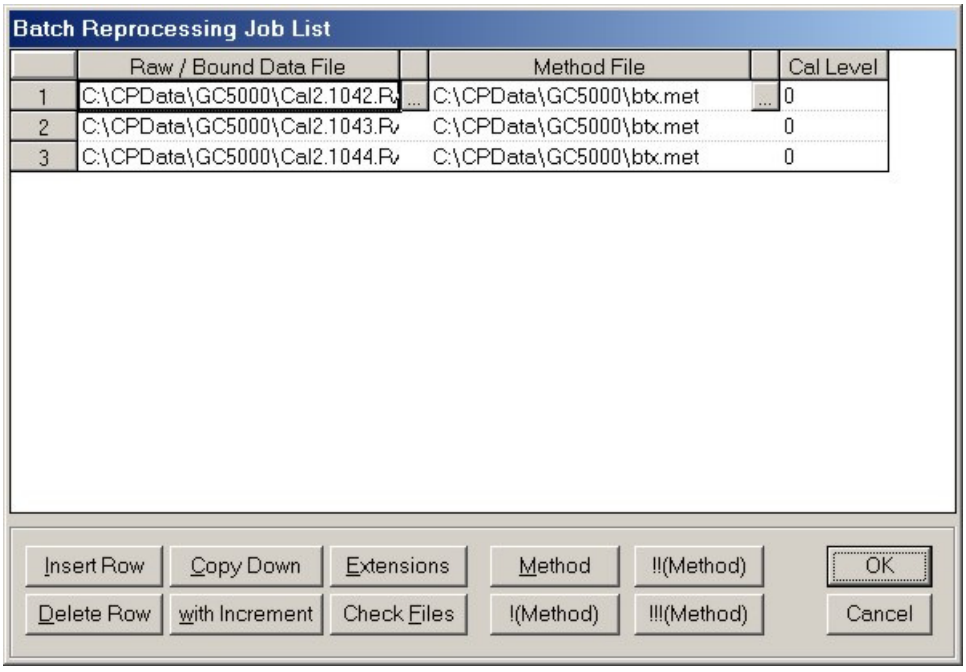
- Chromatogramme (.RAW und .BND),
- die verwendete Methode (btx.met),
- die verwendete Komponententabelle (.cal),
- die Report-Dateien (normalerweise Last_results.fmt und Tabelle.fmt),
- sowie die gerade erstellte Sequenz-Datei (.seq)

in das Verzeichnis c:\cpdata\gc5000 auf dem anderen Computer kopiert werden.
Auf dem Computer bzw. dem GC5000 startet man das ChromPerfect „Analysis“ Modul und lädt ein beliebiges Chromatogramm.
Im „Tools“ Menü wählt man dann „Batch Process“ und es öffnet sich das folgende Fenster:

*Copyright by AMA Instruments GmbH*



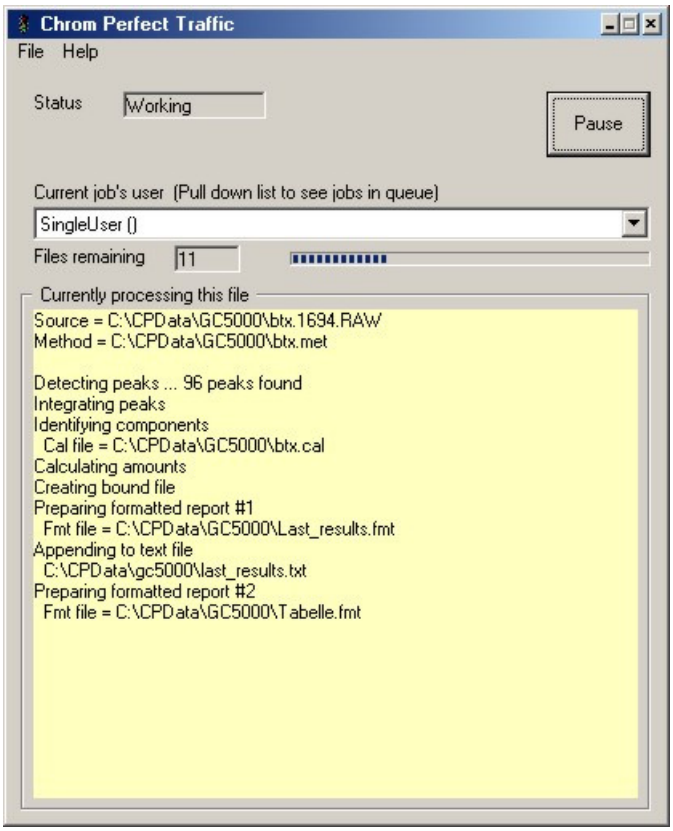

In dem Fenster überprüft man, daß „Sequence File“ angeklickt ist und bestätigt mit „OK“.
Im nächsten Fenster wählt man die entsprechende Sequenz-Datei aus und drückt „OK“. Danach öffnet sich ein Fenster mit der Liste der ausgewählten Chromatogramme.




Danach wird die Sequenz automatisch abgearbeitet und eine Tabelle mit den Meßergebnissen (c:\cpdata\gc5000\Tabelle.txt) erstellt. Ist diese Tabelle schon vorhanden, so werden die Ergebnisse an das Ende angehängt.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Durch einen Doppelklick auf das in der Taskleiste erschiene Ampelsymbol öffnet sich ein neues Fenster, in dem man den Fortschritt der automatischen Abarbeitung sehen kann.

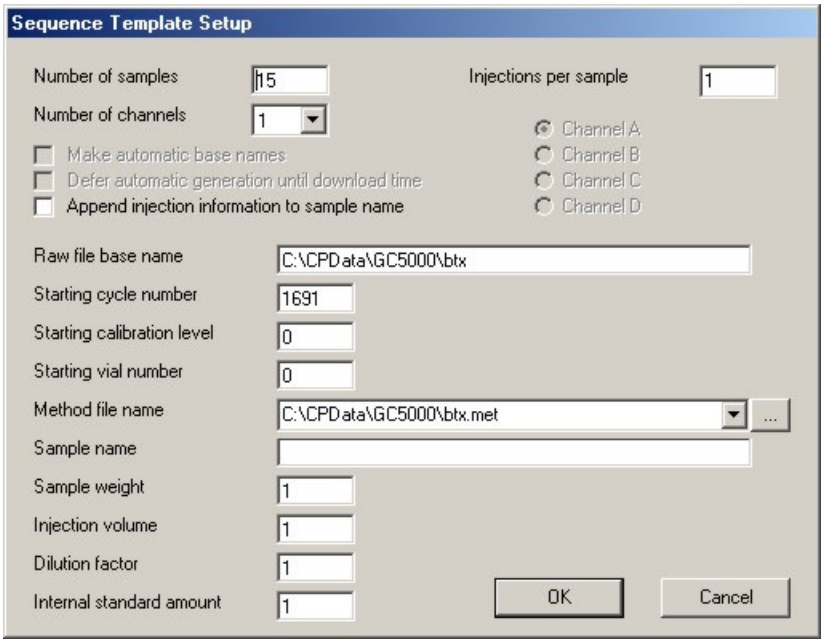



## 7.6 Nachträgliche Erstellung einer Sequenzdatei

Hat man nicht schon auf dem GC-5000 die Sequenzdatei für die automatische Analyse erstellt, so hat man auch auf dem anderen Computer die Möglichkeit dazu. Man lädt den File Editor, schließt gegebenenfalls das Popup-Fenster, wählt im „File“ Menü „New“, klickt auf „Sequence File“, wählt „Use Template Dialog“ und klickt auf „OK“. Im Fenster „Sequence Template Setup“ muß folgendes eingetragen werden:

Number of samples: die Anzahl der Chromatogramme
Raw file base name: C:\CPData\GC5000\btx
Starting cycle number: Index des ersten Chromatogramms, das ausgewertet werden soll (die Zahl, die im Dateinamen hinter btx. steht)
Method file name: C:\CPData\GC5000\btx.met (falls eine andere Methode als btx.met verwendet wurde, so ist diese hier anzugeben.)

*Copyright by AMA Instruments GmbH*




Nach Klick auf “OK” sieht man die Liste der Chromatogramme und kann sie mit „Save as“ im „File“ Menü abspeichern. Danach kann diese Sequenzdatei, wie im vorigen Kapitel beschrieben, zur automatischen Auswertung verwendet werden.

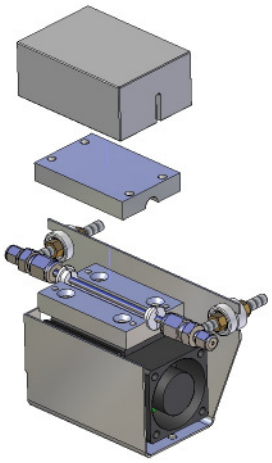
*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 8.0 Wartung

Während aller Wartungsarbeiten ist der Analyzer immer vom Stromnetz zu trennen.

## 8.1 Austausch der BTX Stufe

Warten Sie, bis der Analyzer ausreichend abgekühlt ist. Entfernen Sie die Abdeckung und den oberen Aluminiumblock des Peltierkühlers. Stellen Sie das Trägergas ab. Nun öffnen Sie die 1/8“ Verschraubungen an beiden Seiten der BTX-Stufe. Lösen Sie den Thermoelementstecker der Stufe und die Messingmuttern auf der Rückseite der Keramikisolatoren. Bewegen Sie einen der Messinghalter etwas nach außen und entnehmen die Stufe samt den Teflonisolatoren. Legen Sie eine neue BTX-Stufe ein und zeihen Sie die Muttern und Verschraubungen an. Nun können die Teflonisolatoren wieder angebracht werden und der obere Aluminiumblock kann wieder festgeschraubt werden. Zuletzt setzen Sie die Abdeckhaube wieder auf den Aluminiumblock.



## 8.2 Wartung der Pumpe

Die in diesem Meßgerät eingebaute Pumpe ist völlig wartungsfrei. Bei Verschleiß der Membran (Saugleistung läßt stark nach) ist die komplette Pumpe auszutauschen.

## 8.3 Austausch des Eingangsfilters des MFCs (mass flow controller)

Um den MFC vor Staub und kleinen Partikeln zu schützen ist ihm ein Filter vorgeschaltet. Ist dieser Filter verstopft, so muß es ausgetauscht werden. Dazu lösen Sie die beiden Rohrverschraubungen und nehmen Sie den Filter aus der Halterung. Setzen Sie einen neuen Filter in die Halterung und bringen Sie die beiden Rohrverschraubungen wieder an.

## 8.4 Austausch der Trennsäule

Entriegeln Sie den Öffnungsmechanismus des Ofendeckels. Ziehen Sie am Arretierungsknopf des Deckels und schieben Sie den Deckel soweit nach rechts wie möglich. Heben Sie nun den

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

Deckel ab. Lösen Sie vorsichtig die 1/16“ Verschraubungen an den Enden der Trennsäule. Jetzt können Sie die Säule aus dem Ofen entfernen.
Installieren Sie die neue Säule mit den alten 1/16“ Edelstahlverschraubungen und Fused silica Adaptern. Diese sind mehrmals verwendbar. Dabei kontrollieren Sie die Enden der Säule auf mögliche Verstopfungen durch Graphit- und/oder Septumreste und kürzen die Enden ggf. einige mm. Dies sollte ebenfalls geschehen, wenn die Enden der Säule nicht plan erscheinen.

Wollen Sie eine gebrauchte Säule installieren, so denken Sie bitte daran, die ersten 2 bis 3 cm mit einem dafür vorgesehenen Werkzeug abzutrennen.

Montieren Sie den Ofendeckel in umgekehrter Reihenfolge.

## 8.5 Detektor Signal Justierung

Das Niveau der Detektorbasislinie kann am Trimmer in der linken oberen Ecke des metallenen Verstärkergehäuses justiert werden.
Nachdem das System seine Betriebstemperatur erreicht hat, sollte die Basislinie so eingestellt werden, das sie unter 100mV ist, wenn der FID aus ist und über 100mV, wenn die FID Flamme brennt.

## 8.6 Kontrolle der Glühkerze

Lösen Sie den elektrischen Anschluß der Glühkerze und messen Sie den elektrischen Widerstand der Kerze zwischen dem Zentralanschluß und dem Gehäuse. Der Widerstand sollte sich zwischen 4Ω und 20Ω bewegen.
Wenn die Glühkerze defekt ist, muß sie ersetzt werden. Beim Wiederanschluß der elektrischen Verbindung muß unbedingt beachtet werden, daß der elektrische Anschluß nicht das Kerzengehäuse berührt.

## 8.7 Überprüfung der Thermoelemente

**Warnung! Das Gerät muß hierzu unbedingt ausgeschaltet sein.**

Lösen Sie den Stecker des jeweiligen Thermoelementes und messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen den beiden Anschlüssen. Der Widerstand sollte weniger als 20Ωbetragen. Außerdem sollte es bei keinem Thermoelement eine Verbindung zum Gehäuse des Analyzers geben.

## 8.8 Überprüfung der Heizpatronen des Detektors und des Ventilofens

Warnung! Das Gerät muß hierzu unbedingt ausgeschaltet und vom Stromnetz getrennt sein. Lösen Sie den Heizungsstecker und messen Sie den elektrischen Widerstand zwischen den beiden Anschlüssen (der 3. Anschluß liegt auf Erde). Der Widerstand sollte zwischen 200Ω und 600Ω liegen.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 8.9 Austausch der PID Lampe

Nach Herunterfahren des Betriebssystems schalten Sie den Analyzer aus und trennen ihn vom Netz. Öffnen Sie die Gehäuseoberschale. Ziehen Sie das Versorgungsspannungskabel (rotblau) von der Platine des PID-Oberteiles ab und den Cinchstecker vom Detektorverstärker. Lösen Sie die beiden Rändelschrauben auf der linken Seite des Detektors (von der Gerätevorderseite gesehen) und ziehen sie das PID Oberteil nach links. Vorsicht: Die Lampe kann nach vorn aus dem Oberteil fallen. Außerhalb des Gerätes legen Sie ein fuselfreies Stofftuch unter das PID Oberteil und drehen das Teil um. Die Lampe rutscht nun aus der Erregerspule. Führen Sie die neue Lampe in gleicher Weise in die Spule ein, ohne sie mit den Fingern zu berühren. Auch hierfür eignet sich ein fuselfreies Stofftuch. Halten Sie das PID Oberteil horizontal mit den beiden elektrischen Anschlüssen nach hinten. Schieben Sie es langsam in Richtung PID Heizblock bis die 2 Bolzen in ihre Führungen rutschen. Nun drücken Sie das Detektoroberteil nach vorn und befestigen es mit den beiden Rändelschrauben. Achten Sie darauf das bewegliche Teil nicht zu verkanten. Als letztes werden die beiden elektrischen Verbindungen wiederhergestellt.

## 8.10 Reinigen des Lampenfensters

Demontieren Sie den PID wie in Punkt 8.9 beschrieben. Benutzen Sie ein mit Methanol getränktes fuselfreies Stofftuch um das Lampenfenster zu reinigen. Die Wiedermontage erfolgt ebenso wie in 8.9 beschrieben.

## 8.11 Austausch des Rotors des Drehventils

Schließen Sie die Trägergaszufuhr. Entfernen Sie den Deckel des Ventilofens. Lösen Sie die Madenschraube in der Heizung des Ventils (Vorsicht, heiß!) und ziehen Sie die Heizung vom Ventil. Drehen Sie das gesamte geriffelte Preload-Assembly aus dem Ventil. Dabei bitte auf keinen Fall die Inbus-Schraube in der Mitte des Preload-Assembly lösen. Dann kann man den Rotor mit einem Magnet halten und nachdem das Ventil einmal geschaltet wurde (Program steps, Enrichment, Sampling) kann der Rotor entnommen werden. Jetzt kann ein neuer Rotor eingesetzt werden. Dabei ist darauf zu achten, daß der ID Buchstabe auf der Unterseite des Rotors in Richtung von Anschluß 4 des Ventils zeigt. Drehen Sie das Preload-Assembly wieder in das Ventil bis es gerade den Rotor berührt. Nun schalten Sie das Ventil zehnmal hin und her (Program steps, Enrichment, Sampling bzw. Program stopped). Danach drehen Sie das Preload-Assembly eine viertel Umdrehung fester und schalten das Ventil erneut zehnmal hin und her. Diesen Schritt wiederholen Sie bis sich das Preload-Assembly nicht mehr von Hand fester anziehen läßt. Jetzt kann wieder die Heizung montiert und mit der Madenschraube befestigt werden. Zuletzt wird noch der Deckel des Ventilofens festgeschraubt.

## 8.12 Austausch des GC-Ofen-Motors

Entriegeln Sie den Öffnungsmechanismus des Ofendeckels. Ziehen Sie am Arretierungsknopf des Deckels und schieben Sie den Deckel soweit nach rechts wie möglich. Heben Sie nun den Deckel ab. Lösen Sie vorsichtig die 1/16“ Verschraubungen an den Enden der Trennsäule. Jetzt können Sie die Säule aus dem Ofen entfernen. Nehmen Sie nun das Bodenblech des Analyzers ab und legen Sie ihn auf die Seite. Entfernen Sie nun die vier Hutmuttern, die das Ofenblech halten, und stellen Sie es aufrecht. Achten Sie dabei darauf daß der Temperaturfühler und die Eingangsleitung des Detektors nicht beschädigt werden. Lösen Sie

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

nun die Mutter (Linksgewinde) vom Ofenlüfter und nehmen Sie das Lüfterrad heraus. Entfernen Sie ebenfalls den Sprengring von der Achse des Motors. Ziehen Sie auf der Unterseite des Analyzers die drei Kabel vom Motor ab. Nachdem Sie die drei Schrauben entfernt haben können Sie den Motor aus dem Gerät entnehmen. Der Einbau des neuen Motors erfolgt genau in der umgekehrten Reihenfolge wie der Ausbau.

## 8.13 Austausch des Rückwandlüfters

Stöpseln Sie das Anschlußkabel des Lüfters aus und lösen Sie die vier Muttern. Sie können nun den Lüfter herausnehmen und einen neuen einlegen. Montieren Sie die vier Muttern und stöpseln Sie das Anschlußkabel wieder ein.

## 8.14 Wartungsplan

Wir empfehlen als vorbeugende Wartung die folgenden Teile regelmäßig zu erneuern:

| Komponente | Jedes Jahr | Jedes 2. Jahr |
|---|---|---|
| BTX-Anreicherungsstufe | X | |
| Pumpe | | X |
| Eingangsfilter für MFC | | X |
| GC-Säule | | X |
| Wartungssatz FID (Düse und Dichtungen) | X | |
| Wartungssatz PID (Lampe, Zentrierring und Dichtung) | X | |
| Lüfter des Peltier-Kühlers | X | |
| Rückwandlüfter | X | |
| Rotor des Drehventils | | X |
| GC-Ofenmotor | X | |

## 9.0 Garantie

Die Garantie für dieses Gerät beträgt 12 Monate. Nicht eingeschlossen sind bewegliche Teile wie die Scheibenventile oder die Pumpe, sowie Verbrauchsmaterialien wie Adsorptionsstufen oder Glühkerzen etc.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 10.0 Technische Daten

### Komplettes System:

| | |
|---|---|
| Dimensionen: | H x B x T 6HE x 19“ x 600 mm |
| Netzanschluß: | 220-230V / 50 – 60 Hz |
| Leistungsaufnahme: | ca. 800W |
| Gewicht: | 30 kg |

### BTX-Anreicherungsmodul:

| | |
|---|---|
| Stufe: | BTX-Stufe CTR 2.0 |
| Anreicherungstemperatur: | bis zu 30°C |
| Heizung der BTX-Stufe: | Niederspannungsheizung |
| Injektionstemperatur: | einstellbar bis 380°C |
| Spültemperatur: | einstellbar bis 380°C |
| Volumenmessung: | thermischer Massenflußregler (MFC)<br>Ausgang: direkt in Nml<br>Bereich: 2-50ml/min |
| Ventil: | pneumatisches Valco Ventil |

### GC-Modul:

| | |
|---|---|
| Ofen: | 40°C - 210°C |
| Heizrate: | 25°C/min |
| Temperaturprogramm: | 3 stufig |
| Ofenabmessungen: | 80mm * 210mm * 210mm = 3528cm$^3$ |
| Säulenanschluß: | Valco 1/16“ |

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

| | |
|---|---|
| Detektor: | |
| a) | FID (Flame Ionization Detector) |
| Linearität: | $>10^7$ |
| Detektionsgrenze:: | $< 0{,}1 \mu g/m^3$ Benzol |
| Signalausgang: | 0 - 5V |
| b) | PID (Photo Ionization Detector) |
| Detektionsgrenze:: | $< 0{,}03 \mu g/m^3$ Benzol |
| Signalausgang: | 0 - 5V |

**Systemsteuerung:**

| | |
|---|---|
| Parametereingabe: | über eingebauten Touch Screen Monitor bzw. über externe Maus, Tastatur und Monitor |
| Betriebssystem: | Windows XP Professional |
| Software: | ***AMA Control*** |
| Bedienungsschutz: | Paßwort |
| Datenanalyse: | ChromPerfect® Software |

**Benötigte Versorgung:**

| | |
|---|---|
| | Stickstoff 5.0, 32 ml/min (FID) bzw. 12 ml/min (PID)<br>Elektrische Spannung (220-230V/50Hz) |
| Zusätzlich für FID: | Wasserstoff 5.0, 37 ml/min<br>Brennluft (synthetische Luft oder gereinigte Druckluft), ca. 300 ml/min |

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 11.0 Fehlerbeseitigung

Hier finden Sie Hinweise zur Beseitigung genereller Probleme und Fehler.

### A. BTX-Stufe heizt nicht

a) Die Schmelzsicherung ist defekt. In der Ansteuerungselektronik die entsprechende Sicherung überprüfen.

b) Die elektrischen Anschlüsse der Transformatorkabel an den Stufenfüßen sind lose, oder verschmutzt. In diesem Fall sind die Kabelschuhe mit feinem Schleifpapier zu säubern und ein fester Kontakt ist wiederherzustellen.

c) Der Heiztransformator ist defekt. Messen Sie die Wechselspannung an den Stufenfüßen. Sie sollte ca. 2 V betragen.

### B. Ventilofen, GC-Ofen oder Detektor heizen nicht

a) Die Schmelzsicherung ist defekt. In der Ansteuerungselektronik die entsprechende Sicherung überprüfen.

b) Das Heizelement ist defekt und muß ausgetauscht werden.

### C. Chromperfect bekommt keine Verbindung zu seiner Hardware (Status offline in Chromperfect)

a) Die serielle Verbindung zwischen Motherboard und Lawsonboard ist unterbrochen. Überprüfen Sie das Verbindungskabel.

b) Die Stromversorgungsleitung zum Lawsonboard ist unterbrochen. Überprüfen Sie das entsprechende Kabel.

### D. Keine Peaks im Chromatogramm

a) FID brennt nicht. Überprüfen Sie den Detektor auf Kondenswasser mit Hilfe eines Spiegels am FID-Kamin. Ist kein Kondenswasser feststellbar, ist der FID aus.

b) Die Drehventile schalten nicht. Überprüfen Sie die Druckluftversorgung und die Drehventile analog zu 5.3 b) .

c) Der FID ist kontaminiert. Schalten Sie den Analyzer aus und lassen Sie das Gerät abkühlen. Lösen Sie die Innensechskantschraube an der rechten oberen Seite des FID-Gehäuses mit einem 2mm Sechskantschlüssel und entfernen Sie den oberen Teil des FIDs. Kontrollieren Sie das Innere des FIDs auf Schmutz oder Partikel.

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

d) Die PID-Lampe brennt nicht. Ziehen sie das rot/blaue Kabel vom PID ab. Wenn das Signal nicht abfällt, brennt die Lampe nicht.

## E. Fehlende Peaks oder viele 0.0000 als Ergebnisse in Chromperfect nach einem Netzausfall oder Neustart.

a) Methode (btx.met) und/oder Kalibrierungsdaten (btx.cal) wurden nach ihrer Modifizierung nicht gespeichert.

b) Es wurde eine neue Methode erstellt, aber nicht unter Parameter, Analysis aktiviert. (Vgl. Kapitel 3.2.1.6)

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

## 12.0 CE Deklaration

**AMA Instruments GmbH**
Verbindungsstrasse 27
D - 40723 Hilden
Germany
Phone: +49-2103/9646-0

### Declaration of conformity
### in accordance to EMC Directive 2004/108/EG and
### Low-Voltage Equipment Directive 2006/95/EG

We herewith declare that the following product is, reasoned by its construction and Conception, according to the protection requirements of the EMV-rule.

In case of a modification of this device without consulting with the manufacturer, this declaration expires its validity.

Name of the product: GC-5000-FID
Serial number: XXXX85XXX

To judge the device regarding electromagnetic compatibility, the following norms were used:

| | |
|---|---|
| EN 61326 | Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements |
| EN 61010 | Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use |
| EN 55022 | Product norm radio interference of information technical equipment |
| EN 60555-2 | Repercussions in mains supplies, part 2: Upper oscillations |
| EN 60555-3 | Repercussions in mains supplies, part 3: Voltage vacillations |

Ulm, 16.03.2009

Dr. Th. Meinert, Head of application and development

*Copyright by AMA Instruments GmbH*

*Copyright by AMA Instruments GmbH*